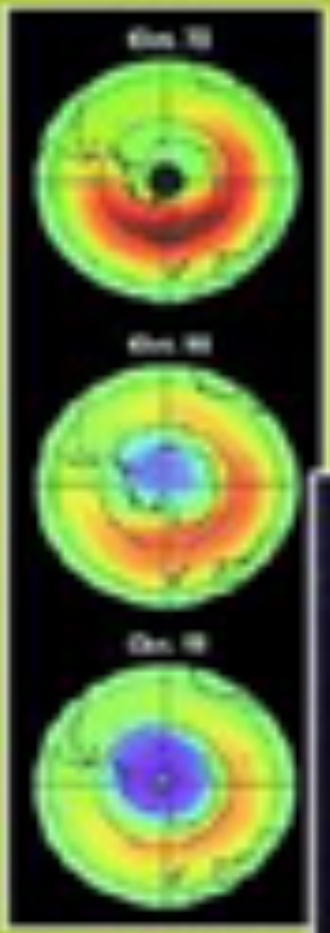
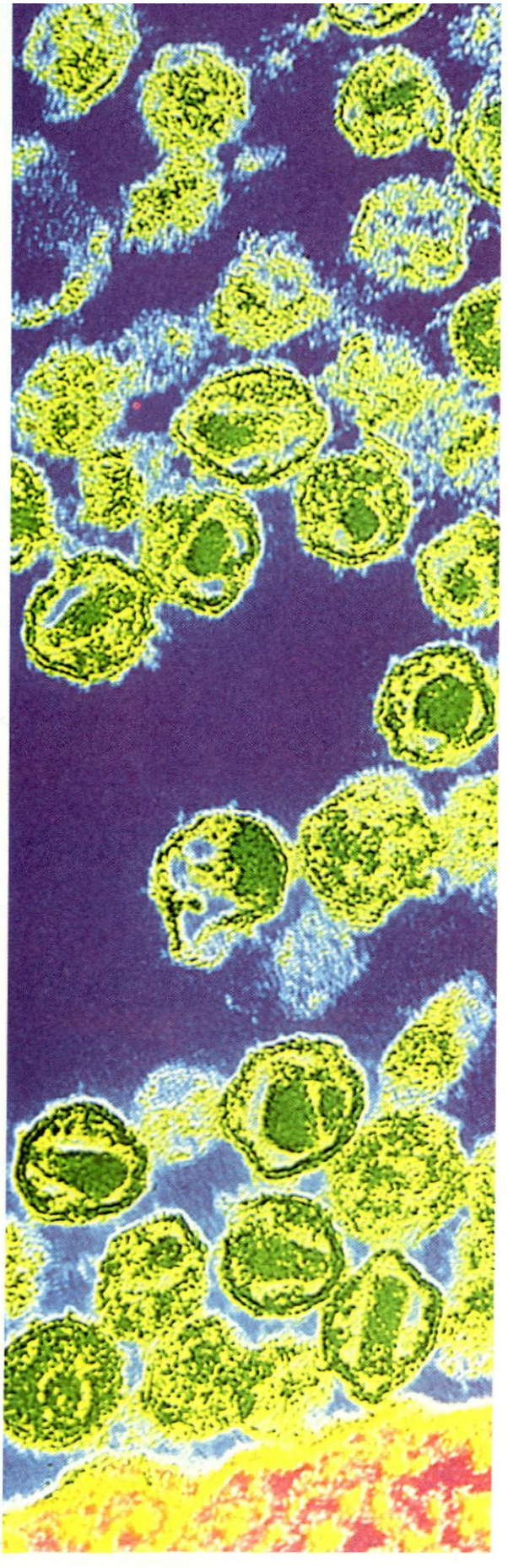
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Γ' ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ - ΑΘΗΝΑ



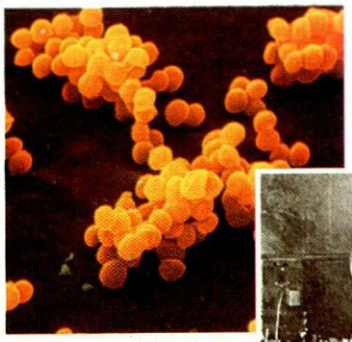
Κεφάλαιο 1

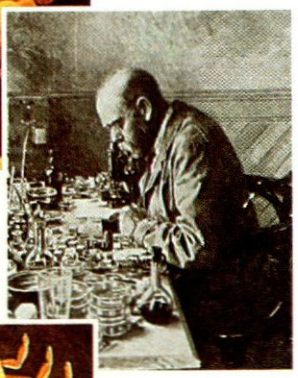
ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

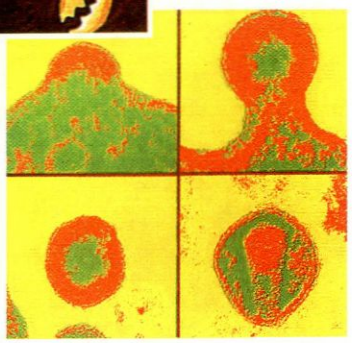
«Κάλλιον του θεραπεύειν το προλαμβάνειν».

Ιπποκράτης

1. ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ







1.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ο άνθρωπος, αν και ζει σε ένα περιβάλλον που συνεχώς μεταβάλλεται, διαθέτει μηχανισμούς που διατηρούν σταθερό το εσωτερικό του περιβάλλον, εξασφαλίζοντας έτσι την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού και επομένως την επιβίωσή του.

Η ικανότητα του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συνθήκες του εσωτερικού του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, συγκεντρώσεις διάφορων συστατικών κτλ.), παρά τις εξωτερικές μεταβολές, ονομάζεται **ομοιόσταση**.

Στον ανθρώπινο οργανισμό υπάρχουν ομοιοστατικοί μηχανισμοί που ρυθμίζουν:

- τη θερμοκρασία του σώματος (δέρμα),
- τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα,
- το pH του αίματος, που πρέπει να είναι σταθερό στο 7,4,
- τα επίπεδα του CO_2 στο αίμα.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα ομοιοστατικού μηχανισμού στον άνθρωπο είναι ο μηχανισμός ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος στους 36,6°C. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που βρεθούμε σε ένα χώρο με θερμοκρασία μεγαλύτερη από τους 36,6°C, η θερμότητα που φθάνει συνεχώς από το περιβάλλον στο σώμα μας τείνει να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του. Ωστόσο η αύξηση αυτή δε συμβαίνει, εξαιτίας μιας σειράς διαδοχικών αντιδράσεων στις οποίες κύριο ρόλο παίζει ο εγκέφαλος. Αρχικά οι θερμοϋποδοχείς του δέρματός μας, δηλαδή τα

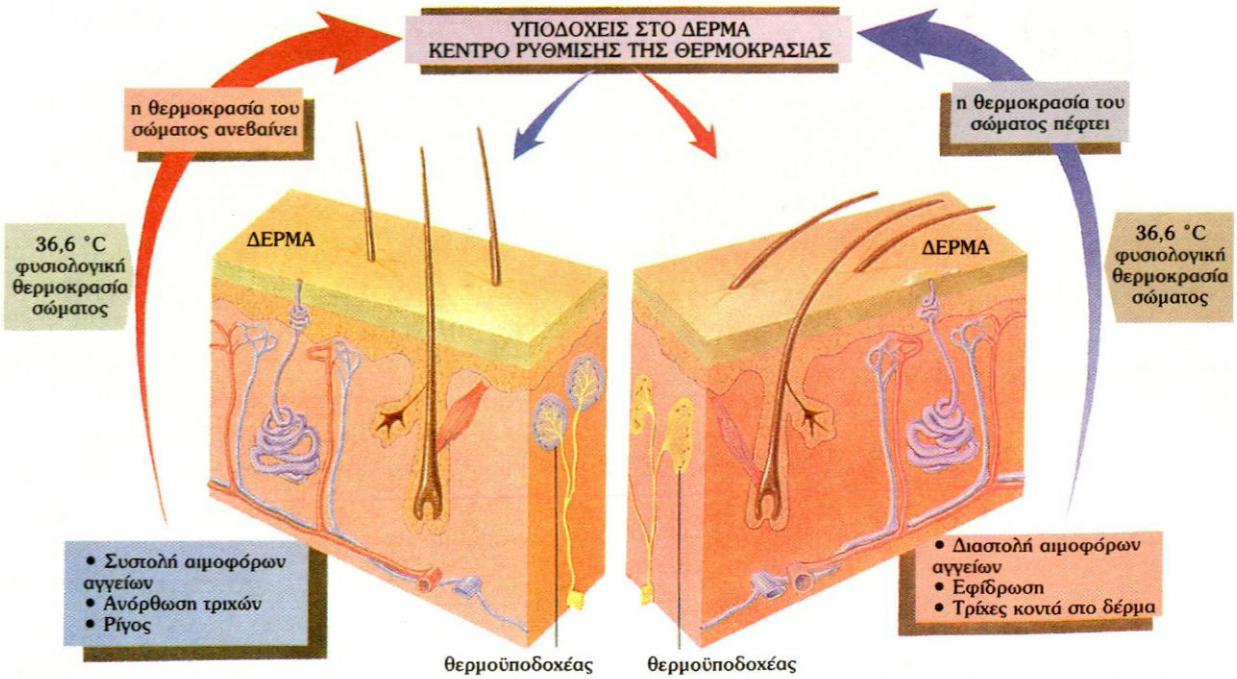
ειδικά νευρικά σωμάτια που ανιχνεύουν τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, «ειδοποιούν» τον εγκέφαλο για την αύξηση της θερμοκρασίας με μηνύματα που αποστέλλουν στο κέντρο των γενικών αισθήσεων του εγκεφάλου. Στη συνέχεια το ειδικό κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας, με μηνύματα που αποστέλλει στους ιδρωτοποιούς αδένες και στα αγγεία της επιφάνειας του δέρματος, προκαλεί έκκριση ιδρώτα και διαστολή των αγγείων αντίστοιχα. Ο συνδυασμός αυτών των δύο αντιδράσεων συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματός μας με τον εξής τρόπο: τα αγγεία που έχουν διασταλεί φέρουν μεγάλες ποσότητες αίματος προς την επιφάνεια του δέρματος, η οποία όμως έχει ψυχθεί λόγω της εξάτμισης του ιδρώτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αίμα που φθάνει στα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος να ψύχεται και επιστρέφοντας με την κυκλοφορία στο εσωτερικό του οργανισμού μας να αποτρέπει την αύξηση της θερμοκρασίας του.

Κάθε διαταραχή της ομοιόστασης μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση διάφορων **ασθενειών**. Τέτοιες διαταραχές μπορεί να οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς, σε ακραίες μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, ακτινοβολίες, διαθεσιμότητα οξυγόνου), ενώ συχνά είναι απόρροια του τρόπου ζωής (κάπνισμα, αλκοόλ κτλ.).

Όταν διαταράσσεται η ομοιόσταση, ο οργανισμός αντιδρά για να την αποκαταστήσει. Η αδυναμία αποκατάστασης της ομοιόστασης μπορεί να οδηγήσει σε ανεπανόρθωτη βλάβη του οργανισμού, ακόμη και στο θάνατο.

Σκεφτείτε...

Για ποιο λόγο τρέμουμε, όταν κρυώνουμε;



Εικόνα 1.1: Ρύθμιση θερμοκρασίας στο ανθρώπινο σώμα

Επειδή ένα σημαντικό ποσοστό των ασθενειών που προσβάλλουν τον άνθρωπο οφείλεται σε παθογόνους μικροοργανισμούς, σκόπιμο είναι να ασχοληθούμε με τη μελέτη της δομής και των μηχανισμών αναπαραγωγής αυτών των μικροοργανισμών. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε έναν ιδιαίτερο ομοιοστατικό μηχανισμό (ανοσοβιολογικό σύστημα) του ανθρώπου με τον οποίο γίνεται η αναγνώριση και η εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

1.2 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Γενικά, ως **μικροοργανισμοί** ή **μικρόβια** χαρακτηρίζονται εκείνοι οι οργανισμοί τους οποίους δεν μπορούμε να διακρίνουμε με γυμνό μάτι, γιατί έχουν μέγεθος μικρότερο από 0,1 mm.

Πολλοί από τους μικροοργανισμούς, όπως για παράδειγμα τα νιτροποιητικά βακτήρια, περνούν όλη τη ζωή τους στο φυσικό περιβάλλον. Άλλοι, προκειμένου να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν, περνούν ένα μέρος ή ολόκληρη τη ζωή τους στο εσωτερικό κάποιου άλλου οργανισμού. Οι μικροοργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως **παράσιτα** και ο οργανισμός που τους «φιλοξενεί» ως **ξενιστής**.

Μερικοί ωστόσο από τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούν τον άνθρωπο ως ξενιστή τους μπορεί να προκαλέσουν διαταραχές στην υγεία του. Οι μικροοργανισμοί αυτοί ονομάζονται **παθογόνοι**.

Οι περισσότεροι όμως μικροοργανισμοί όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί για τον άνθρωπο, αλλά αντίθετα είναι χρήσιμοι ή και απαραίτητοι, καθώς συμμετέχουν σε σημαντικές διεργασίες (όπως η αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης) ή χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο για την παραγωγή ουσιών χρήσιμων σε διάφορους τομείς (π.χ. υγεία, διατροφή κτλ.).

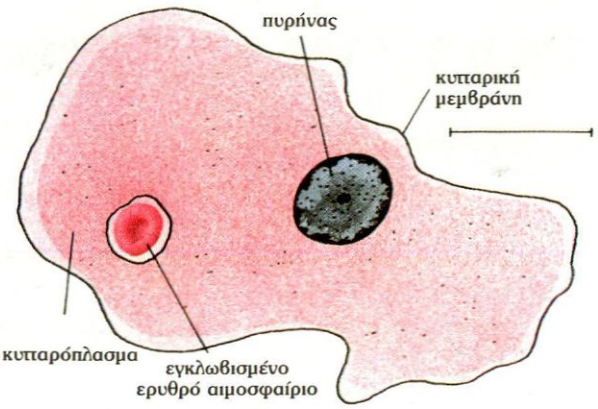
Άλλοι μικροοργανισμοί, όπως το βακτήριο *Escherichia coli* που ζει στο έντερο, όταν βρίσκονται σε μικρό αριθμό και δε μεταναστεύουν σε άλλους ιστούς και όργανα, αποτελούν φυσιολογική μικροχλωρίδα για τον άνθρωπο, είτε διότι παράγουν χρήσιμες χημικές ουσίες τις οποίες ο άνθρωπος δεν μπορεί να συνθέσει μόνος του (π.χ. βιταμίνη Κ από την *E. coli*) είτε διότι συμβάλλουν στην άμυνα του οργανισμού. Αν όμως, για κάποιο λόγο, αυξηθούν (π.χ. επειδή ο ξενιστής παρουσιάζει μειωμένη αντίσταση) ή βρεθούν σε άλλους ιστούς, τότε προκαλούν την εκδήλωση ασθενειών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως **δυνητικά παθογόνοι**.

1.2.1 Κατηγορίες παθογόνων μικροοργανισμών

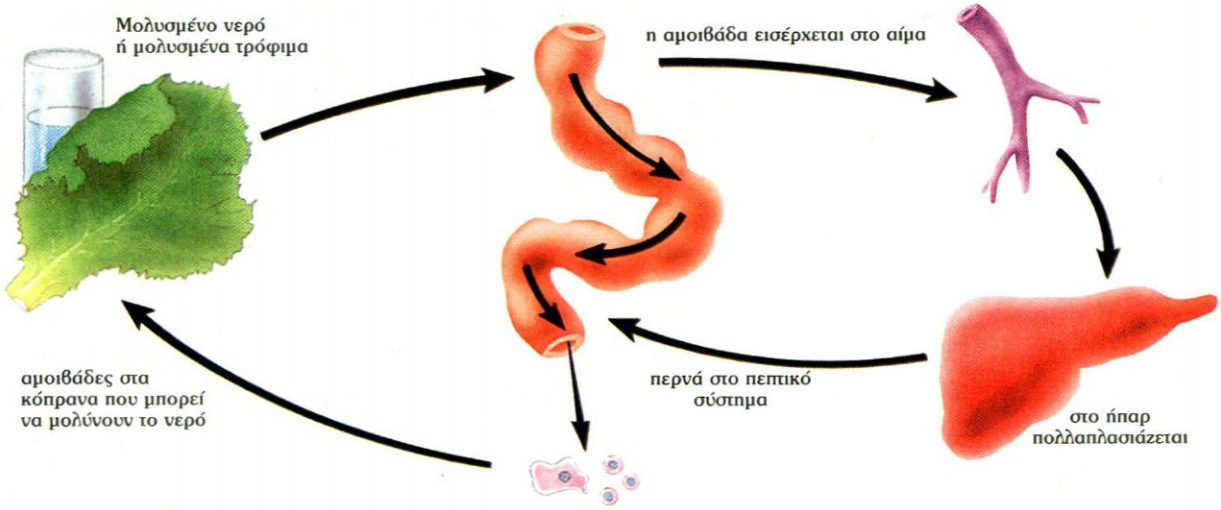
Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι ευκαρυωτικοί, προκαρυωτικοί ή ιοί. Στους ευκαρυωτικούς ανήκουν τα πρωτόζωα και οι μύκητες, ενώ στους προκαρυωτικούς τα βακτήρια. Οι ιοί αποτελούν ακυτταρικές, μη αυτοτελείς μορφές ζωής.

Ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί

Πρωτόζωα: Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Τα περισσότερα αναπαράγονται μονογονικά με διχοτόμηση. Κινούνται είτε σχηματίζοντας ψευδοπόδια (αμοιβάδα) είτε με τις βλεφαρίδες ή τα μαστίγια που διαθέτουν.



Εικόνα 1.2α: Ιστολυτική αμοιβάδα, πρωτόζωο που προκαλεί δυσεντερία.



Εικόνα 1.2β: Η μετάδοση της αμοιβαδοειδούς δυσεντερίας

Από τα παθογόνα πρωτόζωα είναι σκόπιμο να αναφερθούν το **πλασμώδιο** (μεταδίδεται από τα κουνούπια και προκαλεί ελονοσία), το **τρυπανόσωμα** (μεταδίδεται από τη μύγα τσετσέ και προκαλεί την ασθένεια του ύπνου), η **ιστολυτική αμοιβάδα** (προκαλεί αμοιβαδοειδή δυσεντερία), το **τοξόπλασμα** (μεταδίδεται από τα κατοικίδια ζώα, προσβάλλει βασικά όργανα όπως τους πνεύμονες, το ήπαρ και το σπλήνα και προκαλεί αποβολές στις εγκύους).

Εικόνα 1.3: Ερυθροκύτταρα που έχουν προσβληθεί από πλασμώδιο.

Πίνακας 1.1: Παθογόνα πρωτόζωα

Είδος	Παθογόνος δράση
Entamoeba histolytica	Αμοιβαδοειδής δυσεντερία
Trichomonas hominis	Οξεία κολπίτιδα ή χρόνια ουρηθρίτιδα
Giardia Lamblia	Φλεγμονή εντερικού βλεννογόνου
Leishmania donovani	Αναιμία, προσβάλλει ήπαρ, σπλήνα και μυελό των οστών
Trypanosoma gambiense	Νόσος του ύπνου
Plasmodium vivax	Ελονοσία
Toxoplasma gondii	Πνευμονία, διόγκωση σπλήνα, ήπατος και λεμφαδένων
Pneumonocystis carinii	Πνευμονία
Balantium coli	Δυσεντερία

Μύκητες: Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι οργανισμοί. Οι περισσότεροι μύκητες αποτελούνται από απλούστερες νηματοειδείς δομές, τις υφές.

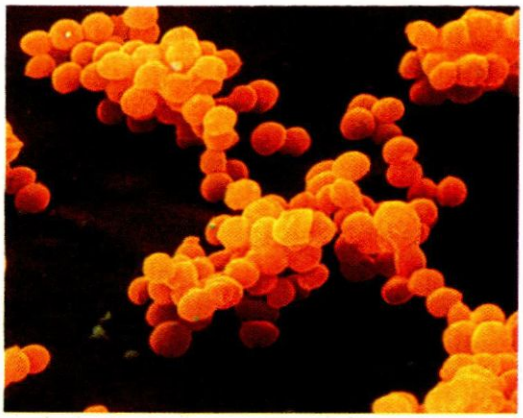
Οι μύκητες παρασιτούν σε ζωντανούς οργανισμούς ή ζουν ελεύθεροι στο έδαφος, στο νερό, στον αέρα, στα τρόφιμα. Πολλοί από αυτούς αναπαράγονται μονογονικά με απλή διχοτόμηση, ενώ άλλοι αναπαράγονται με εκβλάστηση. Σ' αυτούς τους τελευταίους σχηματίζεται σε κάποιο σημείο του αρχικού κυττάρου ένα εξόγκωμα, το **εκβλάστημα**, το οποίο, όταν αναπτυχθεί αρκετά, είτε παραμένει ενωμένο με το γονικό οργανισμό είτε αποκόβεται από αυτόν και ζει πλέον ως αυτοτελής οργανισμός.

Τα νοσήματα που προκαλούνται στον άνθρωπο από παθογόνους μύκητες ονομάζονται **μυκητιάσεις**. Η ***Candida albicans*** (κάντιντα η λευκάζουσα), ανάλογα με το όργανο που προσβάλλει, μπορεί να προκαλέσει πνευμονική καντιντίαση, κολπίτιδα, στοματίτιδα. Τα **δερματόφυτα** αποτελούν μια ειδική κατηγορία μυκήτων που προσβάλλουν το δέρμα, ιδιαίτερα το τριχωτό μέρος της κεφαλής, αλλά και τις μεσοδακτύλιες περιοχές των ποδιών προκαλώντας ερυθρότητα και έντονο κνησμό.

Εικόνα 1.4: Μυκητίαση ανάμεσα στα δάχτυλα των ποδιών

Προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί

Βακτήρια: Τα βακτήρια είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί, δηλαδή δε διαθέτουν οργανωμένο πυρήνα. Συνήθως σχηματίζουν αθροίσματα, τις αποικίες. Το σχήμα τους μπορεί να είναι ελικοειδές (σπειρύλλια), σφαιρικό (κόκκοι) ή ραβδοειδές (βάκιλοι).



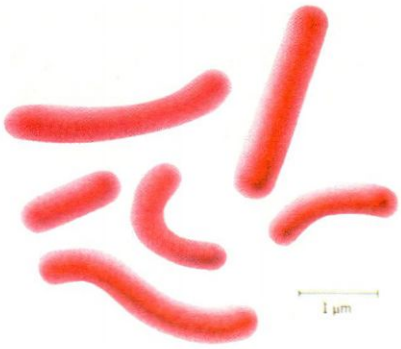
Εικόνα 1.5: Staphylococcus

Το γενετικό τους υλικό (DNA) βρίσκεται κατά κανόνα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, που ονομάζεται **πυρηνική περιοχή** (πυρηνοειδές). Συχνά διαθέτουν, επιπλέον, μικρότερα μόρια γενετικού υλικού, τα πλασμίδια. Η πλασματική τους μεμβράνη περιβάλλεται από κυτταρικό τοίχωμα. Ορισμένα βακτήρια διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, την κάψα. Δεν έχουν μεμβρανώδη οργανίδια, έχουν όμως ριβοσώματα στα οποία γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών τους.

Τα βακτήρια αναπαράγονται κυρίως μονογονικά με απλή διχοτόμηση. Η αναπαραγωγή τους διαρκεί μικρό χρονικό διάστημα. Ορισμένα βακτήρια, σε ευνοϊκές γι' αυτά συνθήκες, διαιρούνται κάθε 20 λεπτά. Σε αντίξοες συνθήκες, όπως σε ακραίες θερμοκρασίες ή υπό τη δράση ακτινοβολιών, πολλά βακτήρια μετατρέπονται σε ανθεκτικές μορφές, τα **ενδοσπόρια**. Τα ενδοσπόρια είναι αφυδατωμένα κύτταρα με ανθεκτι-

κά τοιχώματα και χαμηλούς μεταβολικούς ρυθμούς. Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος ξαναγίνουν ευνοϊκές, τα ενδοσπόρια βλαστάνουν δίνοντας το καθένα ένα βακτήριο.

Μερικά παθογόνα βακτήρια είναι υπεύθυνα για σοβαρές ασθένειες του ανθρώπου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το *Vibrio cholerae*, που προκαλεί τη χολέρα, και το *Treponema pallidum*, που προκαλεί τη σύφιλη.

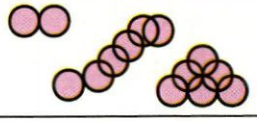
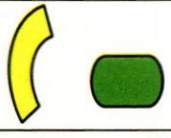
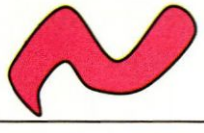


Εικόνα 1.6: Vibrio cholerae, το βακτήριο που προκαλεί χολέρα.

Χαρακτηριστικά βακτηρίων

Δεν έχουν	Έχουν	Μπορεί να έχουν
• Οργανωμένο πυρήνα (προκαρυωτικοί οργανισμοί) • Οργανίδια	• Κυτταρικό τοίχωμα • Ελεύθερα ριβοσώματα • Πυρηνοειδές ή πυρηνική περιοχή (όπου εντοπίζεται το γενετικό τους υλικό)	• Κάψα • Μαστίγια • Βλεφαρίδες

Μορφολογία βακτηρίων

Σχήμα		Ονομασία	Αποικία
Σφαιρικό		Κόκκος	
Ραβδοειδές		Βάκιλος	
Ελικοειδές		Σπειρύλλιο	

Ένα βακτήριο Escherichia coli, κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, διαιρείται κάθε 20 λεπτά. Σε μία ώρα υφίσταται 3 διαιρέσεις και σχηματίζονται $2^3 = 8$ βακτήρια.

Σε μία ημέρα υφίσταται 24 x 3 = 72 διαιρέσεις και σχηματίζονται $2^{72} = 4,7 \times 10^{21}$ βακτήρια = 4.722.000.000.000.000.000.000 βακτήρια!

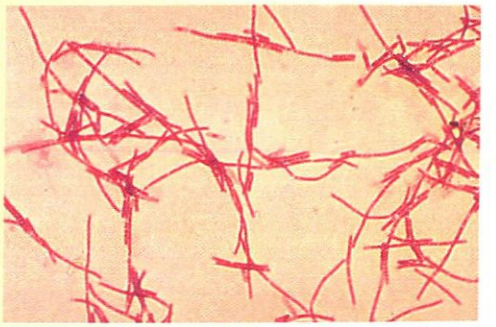
Πίνακας 1.2: Παθογόνα βακτήρια

Είδος	Παθογόνος δράση
Staphylococcus aureus *Staphylococcus epidermidis*	Αιμόλυση ερυθρών αιμοσφαιρίων, καταστροφή λευκών αιμοσφαιρίων, οστεομυελίτιδα, ενδοκαρδίτιδα, μαστίτιδα, μηνιγγίτιδα, πνευμονία, τροφικές δηλητηριάσεις
Streptococcus pyogenes	Εξανθήματα (οστρακιά), στρεπτοκοκκική αμυγδαλίτιδα
Streptococcus pneumoniae	Οξεία λοβώδης πνευμονία, παραρρινοκολπίτιδα
Neisseria meningitidis	Μηνιγγίτιδα
Neisseria gonorrchoeae	Βλεννόρροια
Brucela melitensis	Μελιταίος πυρετός
Haemophilus influenzae	Ρινοφαρυγγίτιδα, παραρρινοκολπίτιδα, πνευμονία
Klebsiella pneumoniae	Ουρολοιμώξεις, μηνιγγίτιδα
Proteus mirabilis	Ουρολοιμώξεις
Salmonella typhi	Σαλμονελώσεις (τυφοειδής πυρετός)
Singella dysenteriae	Σιγκελώσεις (πυρετός, κοιλιακοί πόνοι, διάρροιες)
Vibrio cholerae	Χολέρα
Pseudomonas aeruginosa	Νοσοκομειακές λοιμώξεις
Corynobacterium diptheriae	Διφθερίτιδα
Mycobacterium tuberculosis	Φυματίωση
Bacillus anthracis	Ασθένεια του άνθρακα
Treponema pallidum	Σύφιλη

Άνθρακας

Τα θλιβερά γεγονότα της τρομοκρατικής επίθεσης της 11ης Σεπτεμβρίου 2001 στη Νέα Υόρκη και ό,τι ακολούθησε έφεραν στο προσκήνιο ένα βακτήριο και μια νόσο που είχαν πέσει στην αφάνεια για πολλές δεκαετίες. Η νόσος του άνθρακα προκαλείται από το βακτήριο *Bacillus anthracis*. Το όνομα του βακτηρίου και της ασθένειας προέρχεται από την ελληνική λέξη «άνθρακας» (κάρβουνο), επειδή οι πληγές που σχηματίζονται στο δέρμα έχουν ένα χαρακτηριστικό κεντρικό τμήμα το οποίο είναι μαύρο σαν κάρβουνο.

Ο άνθρακας ήταν γνωστός στους βιολόγους από το 1876. Ο Ρόμπερτ Κοχ, εργαζόμενος με το βακτήριο του άνθρακα, ήταν αυτός που απέδειξε για πρώτη φορά ότι ένα βακτήριο μπορεί να προκαλέσει ασθένεια στον άνθρωπο. Οι έρευνές του με το βακτήριο του άνθρακα οδήγησαν στη διατύπωση των κριτηρίων που φέρουν το όνομά του και χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα από τους μικροβιολό-



Βακτήρια άνθρακα

γους. Το 1881 ο Λουί Παστέρ παρασκεύασε ένα εμβόλιο για τον άνθρακα, το πρώτο αποτελεσματικό εμβόλιο για βακτηριακό νόσημα.

Το βακτήριο του άνθρακα σχηματίζει ενδοσπόρια και βρίσκεται στο χώμα. Από εκεί μεταφέρεται στα φυτοφάγα ζώα, είτε στα εκτρεφόμενα (αιγοπρόβατα, χοίρους, άλογα κτλ.) είτε στα άγρια ζώα (ελέφαντες, ελάφια, αντιλόπες). Κρούσματα ζωικού άνθρακα έχουν καταγραφεί σε 82 χώρες, πιο σπάνια βέβαια στις αναπτυγμένες, όπου ο κτηνιατρικός έλεγχος των ζώων και ο εμβολιασμός τους αποτρέπει την εμφάνιση της νόσου. Τα κρούσματα στον άνθρωπο είναι λίγα και παρατηρούνται κυρίως σε κτηνοτρόφους ή άλλες επαγγελματικές ομάδες που ασχολούνται με ζώα και τα προϊόντα τους (π.χ. μαλλί αιγοπροβάτων).

Η νόσος προκαλείται από μια ισχυρή τοξίνη που εκκρίνεται από τα βακτήρια, συσσωρεύεται στο αίμα και καταστρέφει τους ιστούς και τα μακροφάγα κύτταρα. Η νόσος του άνθρακα στον άνθρωπο έχει τρεις μορφές. Η πιο κοινή (95% των περιστατικών) είναι ο δερματικός άνθρακας, που σπάνια προκαλεί το θάνατο, ενώ η πιο επικίνδυνη μορφή είναι ο πνευμονικός άνθρακας, που προκαλείται από την εισπνοή σπορίων. Και οι δύο μορφές αντιμετωπίζονται με αντιβιοτικά. Αν η νόσος δεν αντιμετωπιστεί με επιτυχία, μπορεί να προκαλέσει το θάνατο. Η νόσος δε μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο. Για να αρρωστήσει κανείς, πρέπει να εκτεθεί άμεσα στα βακτήρια ή στα σπόριά τους. Υπολογίζεται ότι χρειάζονται 8.000-10.000 σπόρια για να προσβληθεί ένας άνθρωπος, σχετικά μεγάλος αριθμός αν συγκριθεί με τα 10 βακτήρια που είναι αρκετά για τη μόλυνση ενός ανθρώπου από πανώλη.

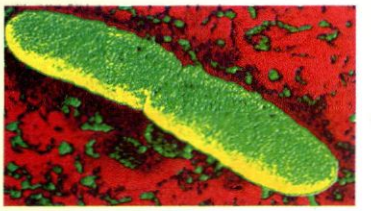
Δερματικός άνθρακας

Οι ταχυδρομικές επιστολές με άνθρακα οι οποίες απεστάλησαν στις Η.Π.Α. μετά την 11η Σεπτεμβρίου 2001 προκάλεσαν το θάνατο κάποιων ανθρώπων, το σημαντικότερο όμως ήταν ότι κατάφεραν να σπείρουν τον πανικό στην πλειονότητα των Αμερικανών, καθώς όλοι ήθελαν να πάρουν αντιβιοτικά «προληπτικά», χωρίς να έχουν συμπτώματα ή βάσιμες υποψίες ότι ήλθαν σε επαφή με το βακτήριο. Το γεγονός αυτό κατέδειξε, για άλλη μια φορά, το πρόβλημα της ανεπαρκούς ενημέρωσης του πολίτη όσον αφορά τη σωστή χρήση των αντιβιοτικών. Η διδασκαλία της Βιολογίας στα σχολεία μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην αποφυγή του πανικού, με την ενημέρωση για τη φύση της ασθένειας του άνθρακα και την αντιμετώπισή της.

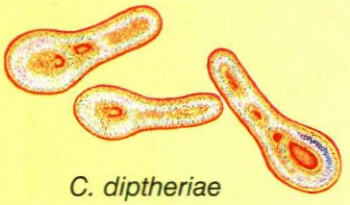
Περισσότερες πληροφορίες μπορεί να πάρει κανείς από το Διαδίκτυο, στους δικτυακούς τόπους του Κέντρου Ελέγχου Ασθενειών των Η.Π.Α. και του Κέντρου Προστασίας Πολιτών από τα Βιολογικά Όπλα του Πανεπιστημίου Johns Hopkins.

Η Μοριακή Βιολογία στην υπηρεσία της υγείας. Ανάγνωση του γονιδιώματος παθογόνων μικροοργανισμών

Η ανάγνωση του γονιδιώματος των παθογόνων μικροοργανισμών θα αποκαλύψει την αιτία που κάνει τα μικρόβια αυτά παθογόνα, ανθεκτικά στα αντιβιοτικά και επικίνδυνα για την υγεία μας, ενώ παράλληλα θα βοηθήσει στην παραγωγή εμβολίων και φαρμάκων. Μερικά από τα παθογόνα μικρόβια των οποίων το γονιδίωμα έχει αποκρυπτογραφηθεί από τους επιστήμονες είναι:



Yersinia pestis



C. diptheriae

- *Mycobacterium leprae,* που προκαλεί τη λέπρα.
- *Yersinia pestis,* που προκαλεί την πανώλη.
- *Salmonella typhi,* που προκαλεί τον τυφοειδή πυρετό.
- *Bordetella pertussis,* που προκαλεί τον κοκίτη.
- *Corynobacterium diptheriae,* που προκαλεί τη διφθερίτιδα.

Ο Θουκυδίδης, το 429 π.Χ., αναφέρει ότι τα άτομα που είχαν επιζήσει από το λοιμό στην Αθήνα μπορούσαν να περιποιηθούν τους πάσχοντες χωρίς φόβο. Οι Κινέζοι ήδη από τον 11ο αιώνα γνώριζαν ότι αυτοί που εισέπνεαν αποξηραμένη εφελκίδα (την κρούστα που σχηματίζεται πάνω σε πληγές) ευλογιάς δεν αρρώσταιναν από ευλογιά, δηλαδή αποκτούσαν ανοσία. Η παρατήρηση αυτή των Κινέζων είχε ως αποτέλεσμα να καθιερωθεί κατά το Μεσαίωνα στην Ευρώπη ένας πρωτόγονος εμβολιασμός με ενδοδερμική εναπόθεση σκόνης ή υγρού εφελκίδων ευλογιάς.

Το 1762 ο Μ.Α. Πλέντσιζ διατύπωσε τη θεωρία της μολυσματικής ασθένειας: «Κάθε μολυσματική ασθένεια συνδέεται με έναν ειδικό μικροοργανισμό, που έχει την ικανότητα να αναπαράγεται εκτός του σώματος και που μπορεί να μεταφέρεται με τον αέρα από άτομο σε άτομο». Θεωρία πολύ τολμηρή για την εποχή εκείνη, με αποτέλεσμα να μην της δοθεί καμιά σημασία.

Το 1798 ο Ε. Τζένερ παρατήρησε ότι όσοι κτηνοτρόφοι έρχονταν σε επαφή με αγελάδες που έπασχαν από δαμαλίτιδα αποκτούσαν ανοσία στην πολύ βαρύτερη ανθρώπινη νόσο, την ευλογιά, που προκαλείται από στενά συγγενικό ιό, όπως είναι γνωστό σήμερα. Ο Λ. Παστέρ, 80 χρόνια αργότερα, διατύπωσε τη μικροβιολογική αιτιολογία των μεταδοτικών ασθενειών και ανέπτυξε την τεχνική της καλλιέργειας των μικροβίων στο εργαστήριο. Από τις καλλιέργειες αυτές μικρόβια (νεκρά ή ζωντανά) με ελαττωμένη παθογονικότητα χρησιμοποιήθηκαν ως εμβόλια. Ο Παστέρ, προς τιμήν του Τζένερ, ονόμασε τον προληπτικό εμβολιασμό για την ευλογιά «vaccine» (δαμαλισμό), από τη λατινική λέξη «vacca» (δάμαλις - αγελάδα).

Ε. Τζένερ

Ο Ρ. Κοχ, την ίδια περίπου εποχή (1882), ανακάλυψε το βάκιλο της φυματίωσης (*Mycobacterium tuberculosis*) και το 1883 το βακτήριο της ασιατικής χολέρας (*Vibrio cholerae*). Το 1885 απομονώθηκε ο βάκιλος της διφθερίτιδας από τους Ε. Ρου και Α. Τζέρσιν. Την ίδια χρονιά παρατηρήθηκε στο εργαστήριο ο βάκιλος του τετάνου (*Bacillus ή Clostridium tetani*), τον οποίο λίγο αργότερα (1898) πέτυχε να απομονώσει ο Ιάπωνας Σ. Κιτασάτο.

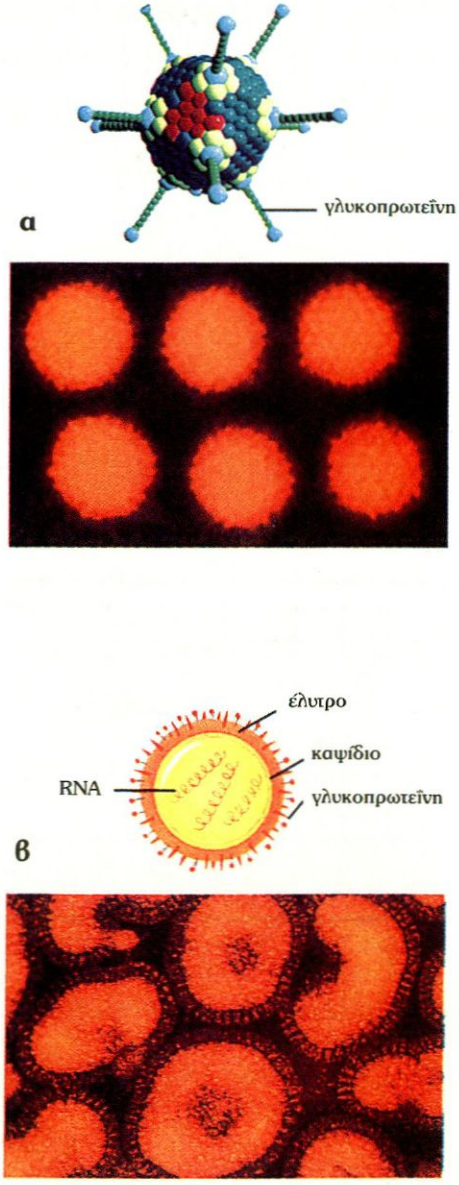
Ιοί

Όλοι, λίγο πολύ, έχουμε ασθενήσει από κάποια ίωση. Στις ιώσεις, τα νοσήματα δηλαδή που προκαλούνται από ιούς, περιλαμβάνονται απλές διαταραχές της υγείας, όπως είναι το κρυολόγημα, αλλά και σοβαρότερες, όπως είναι η πολιομυελίτιδα ή το AIDS.

Οι ιοί ανακαλύφθηκαν στο τέλος του 19ου αιώνα. Το μικρό τους μέγεθος (20 έως 250 nm περίπου) αποτέλεσε αρχικά ανασταλτικό παράγοντα για τη μελέτη τους. Η ανακάλυψη όμως αργότερα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου βοήθησε στο να προσδιοριστούν αρκετά στοιχεία για τη δομή τους.

Οι ιοί έχουν σχετικά απλή δομή. Αποτελούνται από ένα πρωτεϊνικό περίβλημα με χαρακτηριστική γεωμετρία, το **καψίδιο**, μέσα στο οποίο προφυλάσσεται το γενετικό τους υλικό. Ορισμένοι ιοί διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, το **έλυτρο**, το οποίο είναι λιποπρωτεϊνικής φύσης. Το γενετικό υλικό ενός ιού μπορεί να είναι είτε DNA είτε RNA και διαθέτει πληροφορίες για τη σύνθεση των πρωτεϊνών του περιβλήματος αλλά και για τη σύνθεση κάποιων ενζύμων απαραίτητων για τον πολλαπλασιασμό του. Οι ιοί εξασφαλίζουν από τον ξενιστή τους μηχανισμούς αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης, καθώς και τα περισσότερα ένζυμα και υλικά που τους είναι απαραίτητα για τις λειτουργίες αυτές. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται **ως υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα**.

Ως προς το είδος του ξενιστή που προσβάλλουν, οι ιοί διακρίνονται σε ιούς βακτηρίων, ιούς φυτών και ιούς ζώων. Η εξειδίκευση όμως των ιών δεν αφορά μόνο το είδος του οργανισμού αλλά και το είδος του κυττάρου ή του ιστού στον οποίο παρασιτούν. Για παράδειγμα, ο ιός της πολιομυελίτιδας στον άνθρωπο προσβάλλει τα νευρικά κύτταρα του νωτιαίου μυελού, ενώ ο ιός της γρίπης τα επιθηλιακά κύτταρα της αναπνευστικής οδού.



Εικόνα 1.7: α) αδενοϊός, β) ιός γρίπης

Με βάση το είδος του γενετικού τους υλικού, οι ιοί διακρίνονται σε ιούς DNA και ιούς RNA, καθένας από τους οποίους ακολουθεί ιδιαίτερο κύκλο ζωής.

«Είναι η μαρουλοσαλάτα σας ζωντανός οργανισμός ή όχι;»

Το παράδοξο αυτό ερώτημα διατύπωνε συχνά ο Φράνσις Κρικ στους φοιτητές του, προκειμένου να καταδείξει πόσο άγνωστο είναι ακόμη το φαινόμενο της ζωής για την επιστήμη. Πράγματι, μια μαρουλοσαλάτα θα μπορούσε να θεωρηθεί από πολλούς ως ένας οργανισμός που έχει ζωή, καθώς αποτελείται από κύτταρα που φωτοσυνθέτουν και αναπαράγονται. Άλλοι, όχι άδικα, θα μπορούσαν να αντιτείνουν ότι μια μαρουλοσαλάτα αποτελεί κυρίως ένα ανθρώπινο κατασκεύασμα.

Βέβαια, αν η ανθρώπινη γνώση είχε αποσαφηνίσει με επιστημονικούς όρους τι είναι ζωή, το παράδοξο ερώτημα του Κρικ και πολύ περισσότερο το ερώτημα αν οι ιοί αποτελούν έμβια όντα ή όχι θα είχαν σαφή και αδιαμφισβήτητη απάντηση.

Σύμφωνα με έναν ορισμό, *«οργανισμός είναι μια αυτοτελής μονάδα στην οποία υπάρχουν ανεξάρτητες δομές και λειτουργίες, που έχουν ως σκοπό την επιβίωση ενός πληθυσμιακού αθροίσματος παρόμοιων μονάδων»*. Από τον ορισμό αυτό συνάγεται πως ο άνθρωπος είναι ένας οργανισμός, τα κύτταρά του όμως, αν και ζωντανά, δεν είναι οργανισμοί. Από την άλλη μεριά, στους μονοκύτταρους οργανισμούς το κύτταρο αντιπροσωπεύει την ανεξάρτητη μονάδα, δηλαδή τον οργανισμό. Έτσι, αν δεχτούμε τον παραπάνω ορισμό, οι ιοί δε θεωρούνται οργανισμοί, αφού στερούνται λειτουργικής ανεξαρτησίας.

Σύμφωνα με άλλον ορισμό του οργανισμού, με τον οποίο δίνεται έμφαση στην ατομικότητα, στην ιστορική συνέχεια και στην εξελικτική ανεξαρτησία, οι ιοί θεωρούνται οργανισμοί, αφού αναπαράγονται, επιζούν μετά το θάνατο του ξενιστή τους και μπορούν να εξελιχθούν ανεξάρτητα από τον οργανισμό στον οποίο δημιουργήθηκαν. Αντίθετα, τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού δεν εξελίσσονται ανεξάρτητα και επομένως δεν αποτελούν οργανισμό.

Η αμηχανία μας να τοποθετήσουμε τους ιούς σε μία από τις δύο κατηγορίες δεν απηχεί παρά τη δυσκολία μας να απαντήσουμε στο τι είναι ζωή ή έμβιος οργανισμός.

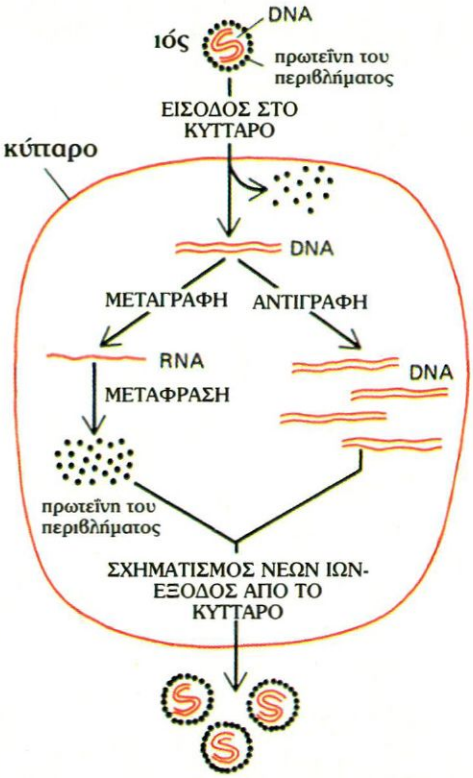
Πολλαπλασιασμός των ιών

Ο πολλαπλασιασμός των ιών γίνεται στο εσωτερικό των κυττάρων - ξενιστών όπου παρασιτούν. Για να εισέλθει ο ιός σε ένα κύτταρο, πρέπει αρχικά να προσκολληθεί στην επιφάνειά του. Οι ιοί που διαθέτουν έλυτρο μπορούν είτε να εισέλθουν ολόκληροι μέσα στο κύτταρο - ξενιστή είτε το έλυτρό τους να παραμείνει έξω από το κύτταρο, προσκολλημένο στην επιφάνειά του. Σε κάθε περίπτωση το νουκλεϊκό οξύ του ιού απελευθερώνεται στο κυτταρόπλασμα. Στους ιούς που διαθέτουν μόνο καψίδιο, αυτό συνήθως παραμένει προσκολλημένο στην επιφάνεια του κυττάρου και στο εσωτερικό του κυττάρου εισέρχεται μόνο το νουκλεϊκό οξύ του ιού. Από τη στιγμή που το νουκλεϊκό οξύ του ιού εισέλθει στο εσωτερικό του κυττάρου είναι δυνατό να ξεκινήσει ο πολλαπλασιασμός του ιού με τη βοήθεια των μηχανισμών και των ενζύμων του κυττάρου - ξενιστή.

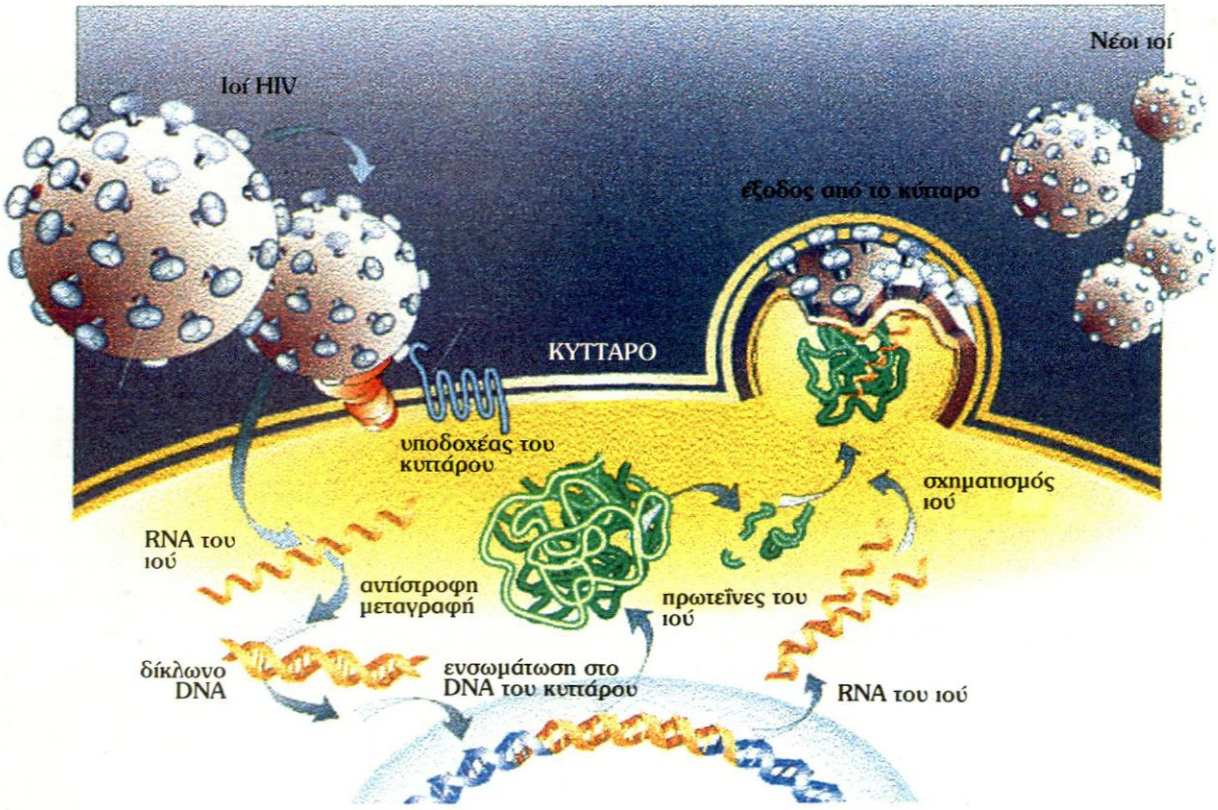
Ο πολλαπλασιασμός των ιών με δίκλωνο DNA, όπως είναι οι ερπητοϊοί, γίνεται ως εξής: Μετά την είσοδο του γενετικού υλικού του ιού στο κύτταρο το δίκλωνο DNA του ιού είναι δυνατό να ενσωματωθεί στο γονιδίωμα του κυττάρου και να παραμείνει σε λανθάνουσα κατάσταση για κάποιο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή το DNA του ιού μπορεί να διπλασιάζεται μαζί με το γονιδίωμα του κυττάρου - ξενιστή, όταν αυτό διαιρείται. Κάτω όμως από την επίδραση διάφορων ερεθισμάτων είναι δυ-

νατή η ενεργοποίηση και η έκφραση του DNA του ιού. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι ο σχηματισμός πολλών ιών. Οι νέοι ιοί θα απελευθερωθούν από το κύτταρο - ξενιστή και θα μολύνουν άλλα κύτταρα, με δυσάρεστες συνέπειες για την εύρυθμη λειτουργία και την επιβίωση του οργανισμού.

Από τους RNA ιούς ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο πολλαπλασιασμός των ρετροϊών, μιας ειδικής κατηγορίας RNA ιών, στους οποίους ανήκει και ο ιός που προκαλεί το AIDS. Το γενετικό υλικό του ιού αυτού περιλαμβάνει δύο μονόκλωνα πανομοιότηπα μόρια RNA, καθένα από τα οποία είναι συνδεδεμένο με ένα μόριο αντίστροφης μεταγραφάσης, ένα ένζυμο που καταλύει την αντίστροφη μεταγραφή, δηλαδή τη σύνθεση DNA με πρότυπο RNA. Μετά την είσοδο του γενετικού υλικού του ιού στο κύτταρο ξενιστή το RNA του ιού λειτουργεί ως πρότυπο για την παραγωγή ενός μονόκλωνου



Εικόνα 1.8: Πολλαπλασιασμός ιού DNA



Εικόνα 1.9: Πολλαπλασιασμός ρετροϊού (HIV)

μορίου DNA. Το μόριο αυτό, αφού γίνει δίκλωνο, ενσωματώνεται στο γενετικό υλικό του κυττάρου. Στην περίπτωση αυτή, κάθε φορά που το κύτταρο αντιγράφει το DNA του προκειμένου να αναπαραχθεί, αντιγράφεται και το γενετικό υλικό του ιού που έχει ενσωματωθεί σ' αυτό. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να αναπαραχθούν γενιές κυττάρων που θα φέρουν και τις γενετικές πληροφορίες του ιού. Κάποια στιγμή, για λόγους που δεν είναι πάντοτε σαφείς, το γενετικό υλικό του ιού ενεργοποιείται, μεταγράφεται και μεταφράζεται, με αποτέλεσμα την παραγωγή νέων ιικών μορίων RNA και πρωτεϊνών. Από το συνδυασμό τους παράγονται νέοι ιοί, οι οποίοι, αφού εγκαταλείψουν το προσβεβλημένο κύτταρο, μολύνουν με την ίδια διαδικασία άλλα κύτταρα.

ΚΥΤΤΑΡΟΜΕΓΑΛΟΪΟΣ (CMV)

Ο κυτταρομεγαλοϊός (Cyto-megalo-virus, CMV) προκαλεί την πιο συχνή ιογενή λοίμωξη κατά την κύηση. Ο κυτταρομεγαλοϊός ανήκει στην κατηγορία των ερπητοϊών (DNA ιοί) που περιλαμβάνει τους ιούς Herpex Simplex 1 και 2, τον ιό της ανεμοβλογιάς και τον ιό Epstein-Barr. Ο ιός αυτός ανήκει στους παλαιότερους ιούς που προσβάλλουν τον άνθρωπο και δεν προκαλεί ιδιαίτερα συμπτώματα, όταν μολύνει τους ενήλικες, εκτός από ελαφρά αδιαθεσία με χαμηλό πυρετό. Μετά την πρώτη λοίμωξη ο ιός παραμένει στον οργανισμό για όλη του τη ζωή και κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να επαναδραστηριοποιηθεί (αναζωπύρωση του ιού). Η αιτία της αναζωπύρωσης δεν είναι γνωστή. Στη φάση αυτή αποβάλλεται με το σάλιο, το αίμα, τα δάκρυα και το σπέρμα. Έτσι ένας φαινομενικά υγιής άνθρωπος μπορεί να αποτελέσει πηγή μόλυνσης για το περιβάλλον του.

Η μετάδοση του ιού γίνεται είτε μέσω της αναπνευστικής οδού και των σεξουαλικών σχέσεων (συχνότερα στην εφηβεία και την πρώιμη ενήλικη ζωή) είτε από τη μητέρα στο έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης. Από τα υπάρχοντα στοιχεία φαίνεται ότι ο CMV έχει μολύνει ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Τελευταίες έρευνες αποδεικνύουν ότι κατά μέσο όρο τα 2/3 περίπου του πληθυσμού παγκοσμίως είναι φορείς του ιού. Για την Ελλάδα οι μελέτες δείχνουν ότι δεν αποκλίνει από τον παραπάνω μέσο όρο. Έτσι, αν σκεφτεί κανείς το μεγάλο αριθμό των γυναικών που έχουν μολυνθεί με τον ιό, είναι προφανές ότι ο κυτταρομεγαλοϊός είναι η συχνότερη ιογενής λοίμωξη κατά τη διάρκεια της κύησης.

Τα έμβρυα μολύνονται με τον CMV από τη μητέρα τους είτε από λοίμωξη που έπαθε αυτή για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια της κύησης είτε από αναζωπύρωση παλαιάς λοίμωξης. Στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλεται σε αναζωπύρωση της λοίμωξης. Συνέπεια πάντως της προσβολής των εμβρύων από τον CMV είναι η γέννηση παιδιών με προβλήματα στη λειτουργία του Κ.Ν.Σ., δηλαδή με νευροψυχικές ανωμαλίες, όπως ψυχοκινητική καθυστέρηση, απώλεια ακοής, τύφλωση, μικροκεφαλία, πετέχια (δηλαδή εμφάνιση αιμορραγικών κηλίδων στο δέρμα χωρίς τραυματική αφορμή). Έτσι είναι παραπάνω από προφανής η ανάγκη προγεννητικού ελέγχου σε όλες τις γυναίκες.

Η νόσος των τρελών αγελάδων - Τρελές αγελάδες ή απερίσκεπτοι άνθρωποι;

Το Δεκέμβριο του 1986 εμφανίστηκε στη Βρετανία η νόσος των βοοειδών, που ονομάστηκε από τον Τύπο «ασθένεια των τρελών αγελάδων». Επρόκειτο για σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια, μια κατηγορία σπάνιων νοσημάτων του κεντρικού νευρικού συστήματος, που μέχρι τότε ήταν γνωστό ότι προσβάλλει τα πρόβατα (νόσος scrapie) και τον άνθρωπο (νόσος kuru, νόσος Creutzfeldt-Jakob). Η νόσος των βοοειδών εξελίχθηκε σε επιδημία, ενώ το 1996 ανακοινώθηκε επισήμως ότι είχε μεταδοθεί και στον άνθρωπο. Η κτηνοτροφία στη Βρετανία κατέρρευσε, εκατομμύρια βοοειδή θανατώθηκαν για προληπτικούς λόγους, ενώ μέχρι το Σεπτέμβριο του 2000 80 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από τη νέα μορφή σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας.

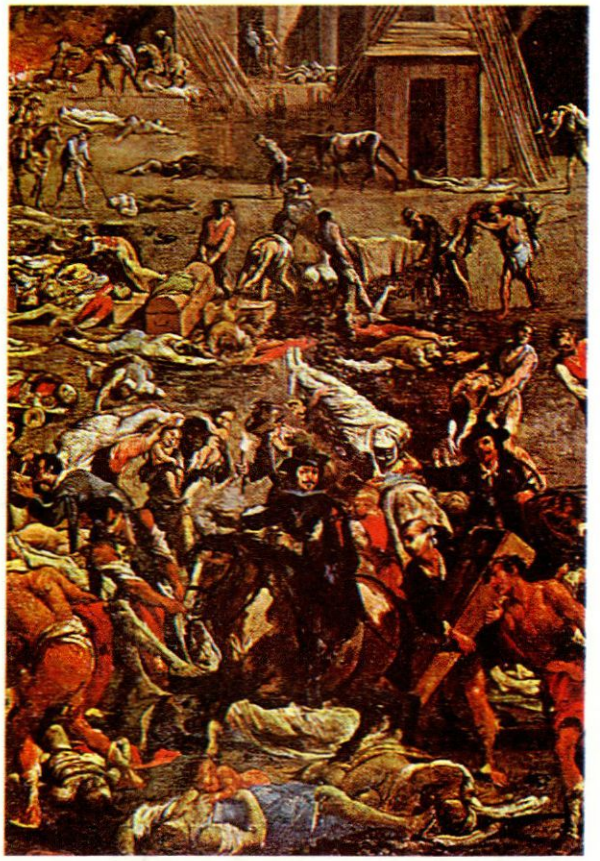
Ανακαλύφθηκε ότι ο μολυσματικός παράγοντας στις σπογγώδεις εγκεφαλοπάθειες δεν είναι ιός, δεν είναι βακτήριο ούτε παράσιτο, αλλά μια παθολογική πρωτεΐνη. Όταν η πρωτεΐνη αυτή βρεθεί σε υγιή οργανισμό, τροποποιεί τις φυσιολογικές πρωτεΐνες των νευρικών κυττάρων και καταστρέφει τα νευρικά κύτταρα, προκαλώντας τελικά το θάνατο του οργανισμού. Ο νέος μολυσματικός παράγοντας ονομάστηκε «πράιον» (prion). Αποκαλύφθηκε τότε μια ανατριχιαστική πρακτική που είχε τεθεί σε εφαρμογή στην κτηνοτροφία από το 1926, «χωρίς να έχει παρουσιαστεί κανένα πρόβλημα», όπως σημειώνουν οι αρμόδιοι: ό,τι περίσσευε από τα σφάγια και δεν μπορούσε να διοχετευθεί στην ανθρώπινη κατανάλωση, ενσωματωνόταν στις ζωοτροφές, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή γάλακτος στα εκτρεφόμενα ζώα.

Η αρχική αιτία εμφάνισης της νόσου στα βοοειδή παραμένει άγνωστη. Όμως η εξάπλωσή της συνδέεται οπωσδήποτε με την προσθήκη ζωικών ιστών από μολυσμένα ζώα στις ζωοτροφές. Η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών δεν έχει ακόμη εξαλειφθεί στη Βρετανία, ενώ έχει εμφανιστεί και σε άλλες χώρες της Ευρώπης. Ευτυχώς η νόσος μεταδίδεται πιο εύκολα στο ίδιο είδος (από βοοειδές σε βοοειδές) παρά από το ένα είδος στο άλλο (από βοοειδές στον άνθρωπο). Επιπλέον όλοι οι άνθρωποι δεν έχουν την ίδια ευπάθεια στη νόσο. Στην Ελλάδα δεν έχει ακόμη καταγραφεί κανένα κρούσμα είτε στα βοοειδή είτε στον άνθρωπο.

Η θλιβερή αυτή ιστορία δείχνει ότι πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί σε κάθε νέα μέθοδο ή πρακτική που συνδέεται με την παραγωγή της τροφής. Κι αυτό γιατί είναι πιθανό, εκτός από την προσδοκώμενη αύξηση της παραγωγής, να υπάρξει κάποια απρόβλεπτη εξέλιξη, κάποιο κόστος που θα «πληρωθεί» δεκαετίες αργότερα. Μετατρέψαμε τις φυτοφάγες αγελάδες σε σαρκοφάγες, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη από την αύξηση της παραγωγής και να καλυφθούν, υποτίθεται, οι ανάγκες διατροφής του ολοένα αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού. Το τίμημα που καλούμαστε να πληρώσουμε, 50 χρόνια αργότερα, δεν ξέρουμε ακόμη πόσο βαρύ θα αποδειχθεί ότι είναι.

1.2.2 Μετάδοση και αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών

Η είσοδος ενός παθογόνου μικροοργανισμού στον οργανισμό του ανθρώπου ονομάζεται **μόλυνση**, ενώ η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός του ονομάζεται **λοίμωξη**. Οι ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνους μικροοργανισμούς ονομάζονται **λοιμώδη νοσήματα**.



Εικόνα 1.10: Η Νάπολη προσβάλλεται από πανώλη (πίνακας 17ου αιώνα). Τα λοιμώδη νοσήματα αποδεκάτιζαν κάποτε την ανθρωπότητα.

Μια ασθένεια, για να θεωρηθεί λοιμώδης, πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προϋποθέσεις. Ο Ρ. Κοχ, μελετώντας το 1882 τον τρόπο μετάδοσης της φυματίωσης, διατύπωσε τις προϋποθέσεις αυτές που ονομάστηκαν **«κριτήρια του Κοχ»**. Σύμφωνα με τα κριτήρια αυτά, μια ασθένεια οφείλεται σε έναν παθογόνο μικροοργανισμό, όταν ο μικροοργανισμός αυτός:

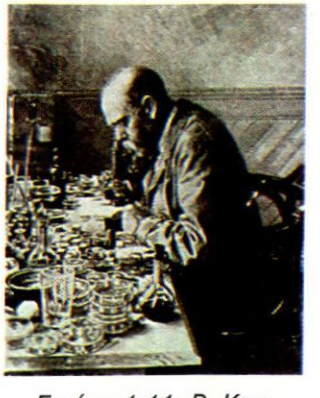
- Ανιχνεύεται στους ιστούς ή στα υγρά του ασθενούς ή στον οργανισμό ατόμων που πέθαναν από αυτή την ασθένεια.
- Μπορεί να απομονωθεί και να καλλιεργηθεί στο εργαστήριο.
- Μπορεί να προκαλέσει την ίδια ασθένεια σε πειραματόζωα αλλά και να απομονωθεί εκ νέου από αυτά.

Πολλά βακτήρια απειλούν την υγεία μας μέσω των ουσιών που παράγουν. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται **τοξίνες** και διακρίνονται σε ενδοτοξίνες και εξωτοξίνες.

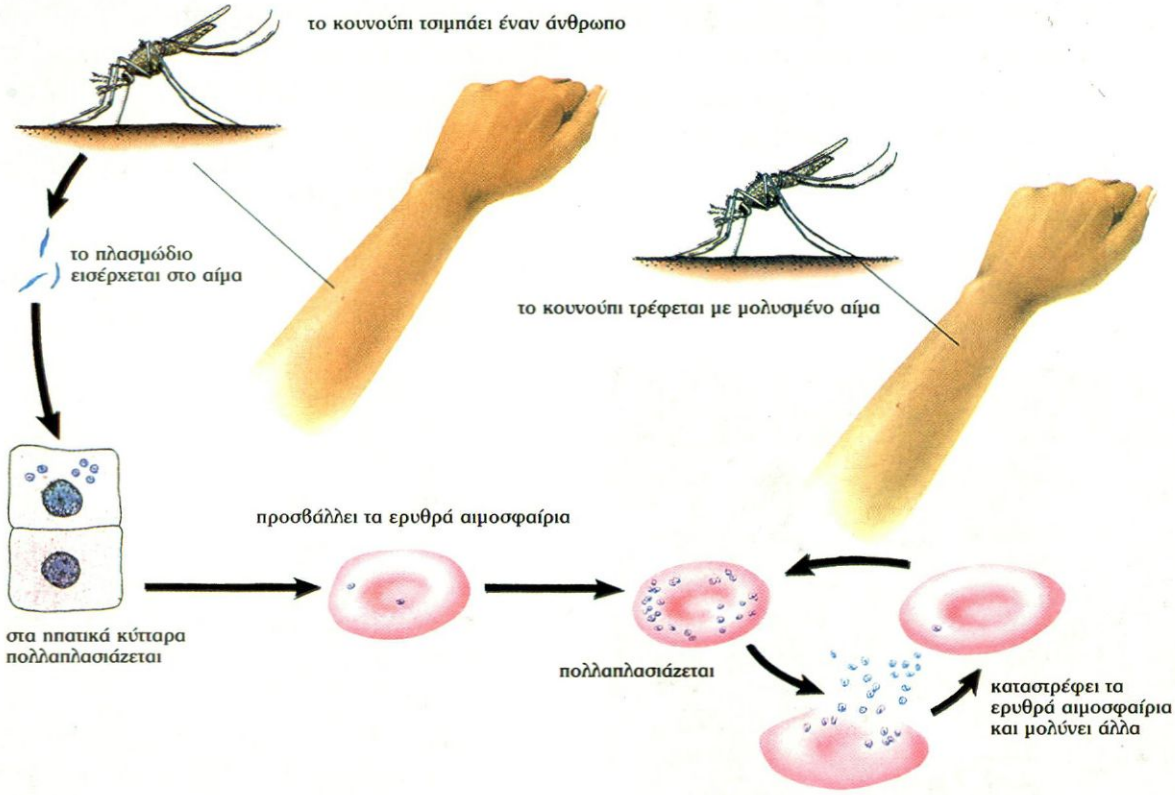
Οι **ενδοτοξίνες** βρίσκονται στο κυτταρικό τοίχωμα ορισμένων παθογόνων βακτηρίων και είναι υπεύθυνες για συμπτώματα όπως ο πυρετός, η πτώση της πίεσης του αίματος κ.ά.

Οι **εξωτοξίνες** εκκρίνονται από τα παθογόνα βακτήρια και με την κυκλοφορία του αίματος διασπείρονται στο εσωτερικό του ανθρώπινου οργανισμού και προσβάλλουν, ανάλογα με τη φύση τους, συγκεκριμένα όργανα.

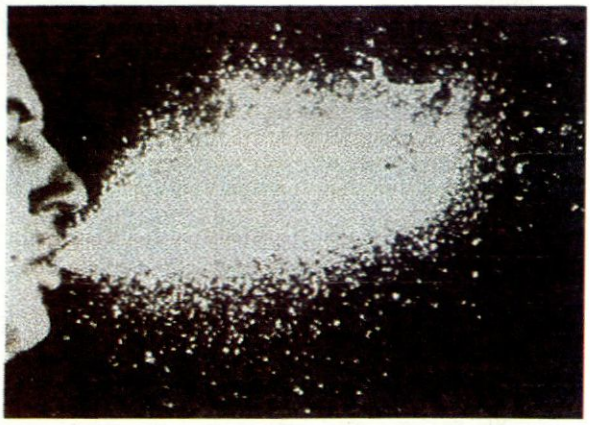
Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μεταδίδονται στον άνθρωπο με την τροφή και το νερό, με την επαφή με μολυσμένα ζώα, με τα σταγονίδια του βήχα ασθενούς ατόμου, με την άμεση επαφή με μολυσμένα άτομα, καθώς και με την έμμεση επαφή με αντικείμενα που έχουν χρησιμοποιηθεί από μολυσμένο άτομο. Συνήθως εισέρχονται στον οργανισμό από κάποια ασυνέχεια του δέρματος ή από τους βλεννογόνους που υπάρχουν σε κοιλότητες του οργανισμού όπως το στόμα, το στομάχι, ο κόλπος.



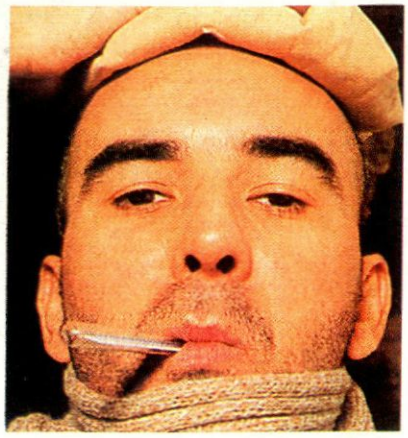
Εικόνα 1.11: Ρ. Κοχ



Εικόνα 1.12: Μετάδοση της ελονοσίας από το κουνούπι



Εικόνα 1.13: Με το βήχα ή το φτέρνισμα μεταδίδονται παθογόνοι μικροοργανισμοί

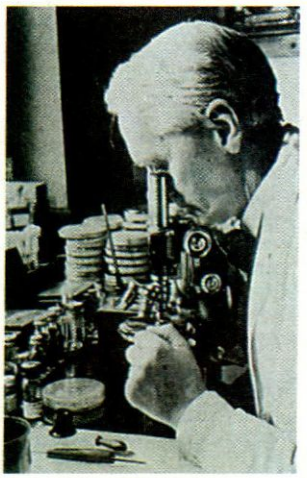


Εικόνα 1.14: Θερμομέτρηση

Η πρόληψη των μολύνσεων από παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά και η αντιμετώπιση των λοιμώξεων προϋποθέτουν τη γνώση των μηχανισμών ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού των συγκεκριμένων μικροβίων. Η γνώση αυτή αποτέλεσε ένα σημαντικό όπλο στην προσπάθεια του ανθρώπου να αντιμετωπίσει πολλές μεταδοτικές ασθένειες.

Η υιοθέτηση και η τήρηση των κανόνων προσωπικής και δημόσιας υγιεινής αποτελούν αναγκαίες προϋποθέσεις για την απο-

φυγή μετάδοσης ασθενειών που οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Το δέρμα, τα μαλλιά και ειδικά τα χέρια πρέπει να πλένονται τακτικά. Τρόφιμα, όπως τα λαχανικά, θα πρέπει να πλένονται καλά, ενώ άλλα, όπως το γάλα, θα πρέπει να παστεριώνονται. Με την παστερίωση το γάλα θερμαίνεται στους 62°C για μισή ώρα, οπότε καταστρέφονται όλα τα παθογόνα αλλά και τα περισσότερα μη παθογόνα μικρόβια, ενώ συγχρόνως διατηρείται η γεύση του. Το νερό θα πρέπει να χλωριώνεται και η χλωρίωσή του να ελέγχεται συνεχώς, έτσι ώστε να μην υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών. Για την αποφυγή των σεξουαλικώς μεταδιδομένων νοσημάτων συνιστάται η χρήση προφυλακτικού κατά τη σεξουαλική επαφή.

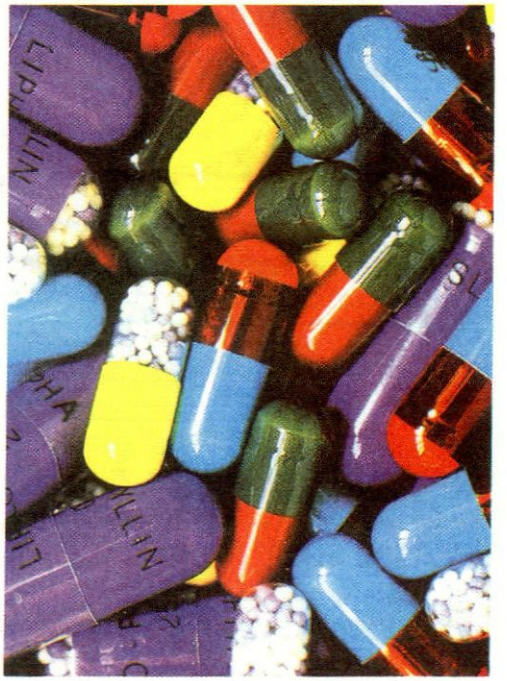


Εικόνα 1.15: Αλεξάντερ Φλέμινγκ

Σήμερα η αντιμετώπιση των βακτηριακών λοιμώξεων στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στα αντιβιοτικά. Τα **αντιβιοτικά** είναι χημικές ουσίες με αντιμικροβιακή δράση που παράγονται από βακτήρια, μύκητες και φυτά. Το πρώτο αντιβιοτικό, η πενικιλίνη, ανακαλύφθηκε τυχαία από τον Αλεξάντερ Φλέμινγκ το 1929, όταν παρατήρησε ότι η ανάπτυξη των βακτηριακών κυττάρων είχε ανασταλεί σε καλλιέργειες στις οποίες τυχαία είχε αναπτυχθεί ένας μύκητας του γένους *Penicillium*.

Τα αντιβιοτικά δρουν αναστέλλοντας ή παρεμποδίζοντας κάποια ειδική βιοχημική αντίδραση του μικροοργανισμού. Όλα τα γνωστά αντιβιοτικά δρουν σύμφωνα με έναν από τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Παρεμποδίζουν τη σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος των μικροοργανισμών (π.χ. η πενικιλίνη).
- Αναστέλλουν κάποια αντίδραση του μεταβολισμού των μικροοργανισμών.
- Παρεμβαίνουν στις λειτουργίες αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης του γενετικού υλικού των μικροοργανισμών.
- Προκαλούν διαταραχές στη λειτουργία της πλασματικής μεμβράνης.

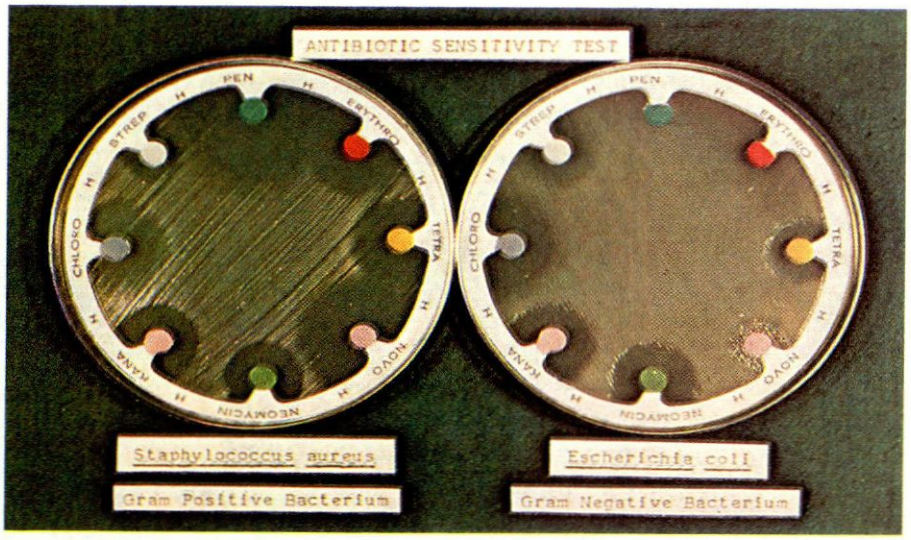


Εικόνα 1.16: Αντιβιοτικά

Από βακτήρια παράγεται το 5% περίπου των αντιβιοτικών που κυκλοφορούν σήμερα. Όλα τα αντιβιοτικά βακτηριακής προέλευσης παράγονται από το γένος *Bacillus*. Αυτά είναι οι πολυμιξίνες, η τυροσιδίνη κ.ά. Το 20% περίπου των γνωστών αντιβιοτικών παράγεται από μύκητες. Οι μύκητες παράγουν πενικιλίνες, κεφαλοσπορίνες κ.ά. Τα περισσότερα όμως αντιβιοτικά παράγονται από τους ακτινομύκητες, κυρίως από το γένος Streptomyces. Στα αντιβιοτικά αυτά υπάγονται η χλωραμφαινικόλη, η στρεπτομυκίνη, η ερυθρομυκίνη, οι τετρακυκλίνες κ.ά.

Τα αντιβιοτικά δρουν επιλεκτικά, με την έννοια ότι βλάπτουν **μόνο τους μικροοργανισμούς** και όχι τα κύτταρα του ανθρώπου. Επειδή τα αντιβιοτικά, γενικά, δρουν αναστέλλοντας την παραγωγή ουσιών στα βακτήρια, στους μύκητες και στα πρωτόζωα, δεν είναι αποτελεσματικά έναντι των ιών, καθώς αυτοί δε διαθέτουν δικό τους μεταβολικό μηχανισμό, αφού αποτελούν υποχρεωτικά κυτταρικά παράσιτα.

Η ανακάλυψη των αντιβιοτικών έφερε επανάσταση στην αντιμετώπιση των βακτηριακών λοιμώξεων. Παρ' όλα αυτά η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά. Λόγω του γεγονότος αυτού γίνεται όλο και μεγαλύτερη η ανάγκη για την ανακάλυψη νέων αντιβιοτικών.



Εικόνα 1.17:

Στα δύο τρυβλία με καλλιέργειες βακτηρίων δεν παρατηρείται αύξηση των βακτηρίων γύρω από τους χρωματισμένους δίσκους που περιέχουν αντιβιοτικά.

Σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα

Τα σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα, αυτά δηλαδή που μεταδίδονται κατά κύριο λόγο με τη σεξουαλική επαφή, είναι ευρέως διαδεδομένα σε όλες τις χώρες του κόσμου και αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας. Προκαλούν στειρότητα, νοσηρότητα, ακόμη και θνησιμότητα.

Κάθε χρόνο σε όλο τον κόσμο αναφέρονται περίπου 250 εκατομμύρια περιστατικά σεξουαλικώς μεταδιδόμενων νοσημάτων. Έχει υπολογιστεί ότι το 1/3 από αυτά αφορά εφήβους. Εκτός από τη σεξουαλική επαφή, τα περισσότερα από αυτά μπορούν να μεταδοθούν μέσω του αίματος ή των παραγώγων του (π.χ. σε περιπτώσεις μετάγγισης ή χρήσης μολυσμένης σύριγγας), καθώς και από τη μολυσμένη μητέρα στο έμβρυο.

Τα πιο συνηθισμένα σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα είναι:

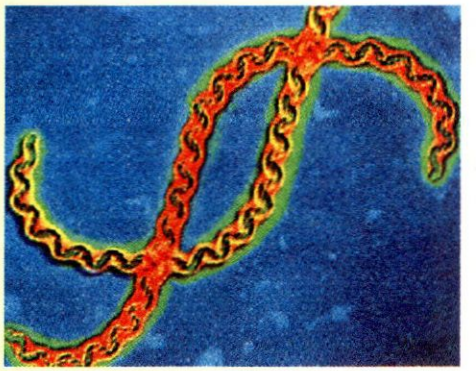
1. **Από βακτήρια:** η σύφιλη, η γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (ή γονόρροια) και η λοίμωξη από χλαμύδια.
2. **Από ιούς:** ο απλός έρπητας, η λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων, το AIDS, η ηπατίτιδα Β και η ηπατίτιδα C.
3. **Από πρωτόζωα:** η λοίμωξη από τριχομονάδα.
4. **Από μύκητες:** η λοίμωξη από κάντιντα.

Σύφιλη

Πρόκειται για μια χρόνια σοβαρή νόσο, που οφείλεται σε βακτήριο και εξελίσσεται σε τρία στάδια. Για τη θεραπεία της σύφιλης χορηγείται το αντιβιοτικό πενικιλίνη, ενώ δεν υπάρχει εμβόλιο για την προστασία του οργανισμού από τη νόσο. Η διάγνωση της νόσου γίνεται με ειδικές εξετάσεις στο αίμα. Όσο νωρίτερα γίνεται η διάγνωση, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η θεραπεία με πενικιλίνη. Ένα άτομο που προσβλήθηκε από το βακτήριο και θεραπεύτηκε μπορεί να μολυνθεί ξανά, αν έρθει σε σεξουαλική επαφή με ένα μολυσμένο σύντροφο.

Γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (γονόρροια)

Η γονόρροια είναι πιο διαδεδομένη από τη σύφιλη. Τα συμπτώματά της στους άντρες είναι φλεγμονή στην ουρήθρα (ουρηθρίτιδα) με έκκριση λευκού, παχύρρευστου υγρού με πύον και πόνο κατά την ούρηση. Αν δε γίνει θεραπεία, η φλεγμονή προχωρεί στον προστάτη και στους όρχεις και μπορεί να προκαλέσει στειρότητα. Στις γυναίκες το βακτήριο προκαλεί επίσης ουρηθρίτιδα και πόνο κατά την ούρηση, καθώς και αυξημένα κολπικά εκκρίματα. Υπάρχει όμως και ένα μεγάλο ποσοστό γυναικών που είναι ασυμπτωματικοί φορείς, δηλαδή δεν έχουν συμπτώματα και έτσι δε γνωρίζουν ότι έχουν μολυνθεί και δεν ακολουθούν την κατάλληλη θεραπεία. Στο 15-30% αυτών των περιπτώσεων η μόλυνση προχωρεί στον τράχηλο, στη μήτρα και τελικά στις σάλπιγγες, προκαλώντας στειρότητα.



Το βακτήριο Treponema pallidum που προκαλεί τη σύφιλη.

Λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων

Οι ιοί αυτοί προκαλούν τα γεννητικά κονδυλώματα, νόσο πολύ συχνή ανάμεσα στα νεαρά άτομα και των δύο φύλων. Οι τελευταίες στατιστικές δείχνουν μια τρομακτική αύξηση των κρουσμάτων, η οποία ενδεχομένως αντικατοπτρίζει το μεγάλο αριθμό των ασυμπτωματικών φορέων που διασπείρουν τη νόσο, συχνά χωρίς να το γνωρίζουν οι ίδιοι. Τα συμπτώματα είναι ήπιες υπερπλασίες των επιθηλιακών κυττάρων της περιοχής που μολύνθηκε (του δέρματος ή των βλεννογόνων). Οι αλλοιώσεις αυτές μπορεί να είναι ορατές (π.χ. τα οξυτενή κονδυλώματα) ή μη ορατές. Εμβόλιο αλλά και θεραπεία δεν υπάρχει. Υπάρχει μόνο η δυνατότητα αντιμετώπισης των κονδυλωμάτων με τοπικά μέσα.

Λοίμωξη από χλαμύδια

Η λοίμωξη από χλαμύδια πιθανολογείται ότι είναι το πιο συχνό σεξουαλικώς μεταδιδόμενο νόσημα στις μέρες μας. Τα συμπτώματά της μοιάζουν πολύ με αυτά της γονοκοκκικής ουρηθρίτιδας, σε πιο ήπια όμως μορφή (γι' αυτό και η νόσος ονομάζεται μη γονοκοκκική ουρηθρίτιδα). Στους άντρες παρουσιάζεται ουρηθρίτιδα με έκκριση λευκού-γκρίζου λεπτόρρευστου υγρού και στις γυναίκες με αυξημένα κολπικά εκκρίματα, επώδυνη ούρηση και κοιλιακό πόνο. Και στην περίπτωση αυτή υπάρχουν πολλοί ασυμπτωματικοί φορείς (άντρες και γυναίκες). Η διάγνωση της νόσου γίνεται με κυτταροκαλλιέργεια ουρηθρητικού ή κολπικού εκκρίματος, καθώς και με ειδικές εξετάσεις στο αίμα. Η θεραπεία γίνεται με κατάλληλα αντιβιοτικά, ενώ εμβόλιο δεν υπάρχει.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο άνθρωπος ζει σε ένα περιβάλλον που συνεχώς μεταβάλλεται. Για την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος. Η ικανότητα του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συνθήκες του εσωτερικού του περιβάλλοντος, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές μεταβολές, ονομάζεται ομοιόσταση. Κάθε διαταραχή της ομοιόστασης μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση διάφορων ασθενειών.

Ένα σημαντικό ποσοστό των ασθενειών που πλήττουν τον άνθρωπο οφείλεται στους παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι ευκαρυωτικοί (πρωτόζωα, μύκητες) ή προκαρυωτικοί (βακτήρια). Οι ιοί αποτελούν ακυτταρικές, μη αυτοτελείς μορφές ζωής.

Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Τα περισσότερα αναπαράγονται μονογονικά με διχοτόμηση. Κινούνται είτε σχηματίζοντας ψευδοπόδια (αμοιβάδα) είτε με τις βλεφαρίδες ή τα μαστίγια που διαθέτουν. Από τα παθογόνα πρωτόζωα αξίζει να αναφερθούν το πλασμώδιο, το τρυπανόσωμα, η ιστολυτική αμοιβάδα, το τοξόπλασμα.

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι οργανισμοί. Οι περισσότεροι μύκητες σχηματίζονται από απλούστερες νηματοειδείς δομές, τις υφές. Οι μύκητες παρασιτούν σε ζωντανούς οργανισμούς ή ζουν ελεύθεροι στο έδαφος, στο νερό, στον αέρα, στα τρόφιμα. Τα νοσήματα που προκαλούνται στον άνθρωπο από τους παθογόνους μύκητες ονομάζονται γενικά μυκητιάσεις.

Τα βακτήρια είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί. Σχηματίζουν αθροίσματα, τις αποικίες. Το σχήμα τους είναι ελικοειδές (σπειρύλλια), σφαιρικό (κόκκοι) ή ραβδοειδές (βάκιλοι). Τα βακτήρια αναπαράγονται κυρίως μονογονικά με απλή διχοτόμηση. Μερικά βακτήρια είναι παθογόνα και προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο, όπως το *Vibrio cholerae*, που προκαλεί τη χολέρα, και το *Treponema pallidum*, που προκαλεί τη σύφιλη.

Οι ιοί αποτελούνται από ένα πρωτεϊνικό περίβλημα με χαρακτηριστική γεωμετρία, το καψίδιο, μέσα στο οποίο προφυλάσσεται το γενετικό τους υλικό. Ορισμένοι ιοί διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, το έλυτρο, το οποίο είναι λιποπρωτεϊνικής φύσης. Το γενετικό υλικό των ιών μπορεί να είναι είτε DNA είτε RNA και διαθέτει πληροφορίες για τη σύνθεση των πρωτεϊνών του περιβλήματος αλλά και για τη σύνθεση κάποιων ενζύμων απαραίτητων για τον πολλαπλασιασμό τους. Όμως τα περισσότερα ένζυμα, υλικά, καθώς και τους μηχανισμούς αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης οι ιοί τα εξασφαλίζουν από τον ξενιστή τους και γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα. Στις ιώσεις, δηλαδή τα νοσήματα που προκαλούνται από ιούς, περιλαμβάνονται απλές διαταραχές της υγείας, όπως είναι το κρυολόγημα, αλλά και σοβαρότερες, όπως είναι η πολιομυελίτιδα ή το AIDS.

Η είσοδος ενός παθογόνου μικροοργανισμού στον άνθρωπο ονομάζεται μόλυνση, ενώ η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός του ονομάζεται λοίμωξη.

Οι ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνους μικροοργανισμούς ονομάζονται λοιμώδη νοσήματα. Τα εμβόλια αποτελούν σημαντικό όπλο στην πρόληψη πολλών ασθενειών που οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Η τακτική προσωπική υγιεινή αλλά και γενικότερα η υιοθέτηση και η τήρηση κανόνων δημόσιας υγιεινής είναι αναγκαίες προϋποθέσεις για την αποφυγή μετάδοσης τέτοιων ασθενειών. Ειδικά η αντιμετώπιση των βακτηριακών λοιμώξεων στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στα αντιβιοτικά.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Ομοιόσταση	Έλυτρο
Ασθένεια	Αντίστροφη μεταγραφάση
Παθογόνοι μικροοργανισμοί	Μόλυνση
Μύκητες	Λοίμωξη
Μυκητιάσεις	Λοιμώδη νοσήματα
Βακτήρια	Εμβόλια
Ιοί	Βακτηριακές λοιμώξεις
Καψίδιο	Αντιβιοτικά

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ο οργανισμός του ανθρώπου προκειμένου να διατηρεί σταθερό το εσωτερικό του περιβάλλον είναι υποχρεωμένος να τροποποιεί συνεχώς τη λειτουργία του. Συμφωνείτε με την πρόταση; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας παραθέτοντας επιχειρήματα που θα αντλήσετε από το σχολικό εγχειρίδιο.

2. Πολλοί θεωρούν το σύνολο των μικροβίων απειλητικό για την υγεία του ανθρώπου. Συμφωνείτε με την άποψή τους; Με ποιους τρόπους ένα μικρόβιο μπορεί να πλήξει την υγεία του ανθρώπου;

3. Μερικοί θεωρούν ότι η δημιουργία ενδοσπορίων στα βακτήρια δεν αποτελεί τρόπο πολλαπλασιασμού τους. Είναι βάσιμη κατά τη γνώμη σας η άποψή τους;

4. Τρεις ημέρες μετά την αγορά και την κατανάλωση παστεριωμένου γάλακτος διαπιστώσατε ότι το υπόλοιπο του περιεχομένου της συσκευασίας, παρά το ότι είχε τοποθετηθεί στο ψυγείο, «έκοψε». Τι μπορεί να συνέβη κατά τη γνώμη σας;

5. Είναι πιθανό να αποτελούμε ξενιστές για παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να νοσούμε;

6. Ανάμεσα στα μέλη της επιστημονικής κοινότητας υπάρχουν αρκετοί που θεωρούν τους ιούς έμβια όντα, ενώ άλλοι πιστεύουν ότι οι ιοί αποτελούν απλές χημικές ενώσεις. Με ποια από τις δύο απόψεις συμφωνείτε; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

7. Να συγκρίνετε, όσον αφορά τη δομή και τη λειτουργία, τους προκαρυωτικούς οργανισμούς και τους ιούς.

8. Ένας ερευνητής μπέρδεψε τα τρία δείγματα μικροβίων (Α, Β, Γ) με τα οποία εργαζόταν. Αν το μικρόβιο Α διαθέτει πλασμίδιο, το μικρόβιο Β διαθέτει πυρήνα και το μικρόβιο Γ έχει έλυτρο, πως θα διαπιστώσει ποιο μικρόβιο είναι μύκητας, ποιο ιός και ποιο βακτήριο;

1.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΜΥΝΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΟΣΙΑΣ

Η ανθρώπινη ζωή ξεκινά με τη δημιουργία του ζυγωτού κατά τη γονιμοποίηση. Το ζυγωτό, το πρώτο κύτταρο του νέου οργανισμού, περνά από διάφορα στάδια διαφοροποίησης και ανάπτυξης μέχρι το σχηματισμό των ιστών και των οργάνων. Η επιβίωση του ανθρώπινου οργανισμού εξαρτάται από τη συντονισμένη λειτουργία των ιστών και των οργάνων του. Παράλληλα όμως προϋποθέτει την προστασία του από εξωτερικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να διαταράξουν αυτή τη συντονισμένη λειτουργία. Στους εξωτερικούς παράγοντες ανήκουν και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί ή οι ουσίες που παράγονται από αυτούς.

Η άμυνα του οργανισμού εναντίον αυτών των εξωτερικών παραγόντων επιτυγχάνεται με ένα σύνολο μηχανισμών, οι οποίοι μπορούν να διακριθούν τόσο με βάση τη θέση τους στο ανθρώπινο σώμα (εξωτερικοί - εσωτερικοί μηχανισμοί) όσο και με βάση την ιδιότητά τους να έχουν γενικευμένη (μη ειδικοί αμυντικοί μηχανισμοί) ή εξειδικευμένη δράση (ειδικοί αμυντικοί μηχανισμοί).

Το αίμα, τόσο με τα έμμορφα συστατικά του (κύτταρα) όσο και με τα συστατικά του πλάσματος, αποτελεί το βασικότερο παράγοντα οργάνωσης της άμυνας (ειδικής και μη ειδικής) του ανθρώπινου οργανισμού. Όλα τα κύτταρα που συμμετέχουν στους μηχανισμούς άμυνας του οργανισμού μας προκύπτουν από τη διαφοροποίηση πολυδύναμων αιμοποιητικών κυττάρων, τα οποία βρίσκονται στον ερυθρό μυελό των οστών, που αποτελεί το κέντρο της αιμοποίησης.

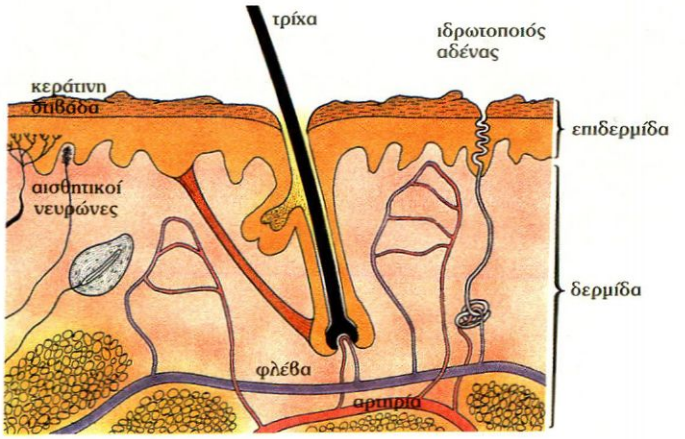
1.3.1 Μηχανισμοί μη ειδικής άμυνας

Βασικό χαρακτηριστικό της **μη ειδικής άμυνας** είναι η δυνατότητα αντιμετώπισης οποιουδήποτε παθογόνου μικροοργανισμού. Περιλαμβάνει μηχανισμούς που παρεμποδίζουν την είσοδο μικροοργανισμών στον οργανισμό μας, αλλά και μηχανισμούς που αντιμετωπίζουν γενικά τους μικροοργανισμούς, αν καταφέρουν να εισέλθουν σ' αυτόν.

α. Μηχανισμοί που παρεμποδίζουν την είσοδο των μικροοργανισμών στον οργανισμό μας

Η είσοδος των μικροβίων στο ανθρώπινο σώμα μπορεί να γίνει είτε μέσω του δέρματος, που καλύπτει όλη την εξωτερική επιφάνειά του, είτε μέσω των βλεννογόνων, που καλύπτουν κοιλότητες του οργανισμού μας, όπως είναι οι βλεννογόνοι του πεπτικού ή του αναπνευστικού συστήματος κ.ά.

Το **δέρμα** εμποδίζει αποτελεσματικά την είσοδο των μικροβίων στον οργανισμό και λόγω της δομής του και λόγω των ουσιών που παράγονται από τους σμηγματογόνους και τους ιδρωτοποιούς αδένες του. Η κεράτινη στιβάδα, που αποτελεί ένα στρώμα νεκρών κυττάρων της επιδερμίδας, λειτουργεί ως φραγμός στην είσοδο των μικροβίων, ενώ το γαλακτικό οξύ και η λυσοζύμη (ένζυμο που διασπά το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων), τα οποία περιέχονται στον ιδρώτα, και τα λιπαρά οξέα, τα οποία περιέχονται στο σμήγμα, δημιουργούν δυσμενές χημικό περιβάλλον για τα μικρόβια. Παράλληλα, στην επιφάνεια του δέρματός μας φιλοξενούνται μη παθογόνοι μι-



Εικόνα 1.18: Τομή δέρματος

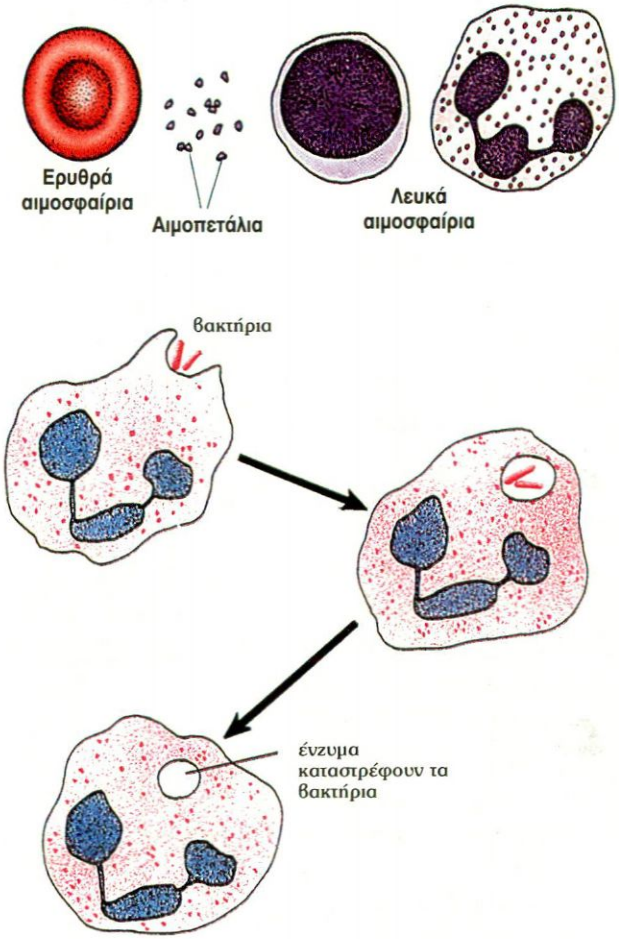
κροοργανισμοί που ανταγωνίζονται τους παθογόνους και εμποδίζουν την εγκατάστασή τους σ' αυτήν.

Οι **βλεννογόνοι** του σώματος, οι οποίοι καλύπτουν κοιλότητες του οργανισμού, αποτελούν έναν άλλο αποτελεσματικό φραγμό. Με τη βλέννα που εκκρίνουν παγιδεύουν τους μικροοργανισμούς και δεν επιτρέπουν την είσοδό τους στον οργανισμό. Ο βλεννογόνος της αναπνευστικής οδού διαθέτει επιπλέον το βλεφαριδοφόρο επιθήλιο, το οποίο αποτελεί επίσης φραγμό στην είσοδο των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί παγιδεύονται στη βλέννα και με τη βοήθεια των βλεφαρίδων του επιθηλίου απομακρύνονται από την αναπνευστική οδό. Στο βλεννογόνο του στομάχου εκκρίνεται το υδροχλωρικό οξύ, το οποίο καταστρέφει τα περισσότερα μικρόβια που εισέρχονται με την τροφή στο στόμαχο. Η λυσοζύμη, η οποία, όπως αναφέρθηκε, έχει βακτηριοκτόνο δράση, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες και στα δάκρυα και στο σάλιο και προστατεύει το βλεννογόνο του επιπεφυκότα και της στοματικής κοιλότητας αντίστοιχα.

β. Μηχανισμοί που αντιμετωπίζουν τους μικροοργανισμούς μετά την είσοδό τους στον ανθρώπινο οργανισμό

Αν, παρά τους φραγμούς που προστατεύουν τον ανθρώπινο οργανισμό, ένα μικρόβιο καταφέρει να διαπεράσει τους μηχανισμούς άμυνας που αναφέρθηκαν (για παράδειγμα, λόγω διακοπής της συνέχειας του δέρματος από ένα τραύμα), θα έρθει αντιμέτωπο με μια δεύτερη γραμμή αμυντικών μηχανισμών, στους οποίους ανήκει η **φαγοκυττάρωση**, η **φλεγμονώδης αντίδραση**, ο **πυρετός** και η δράση ορισμένων **αντιμικροβιακών ουσιών**, που αποτελούν επίσης μη ειδικούς αμυντικούς μηχανισμούς. Πιο συγκεκριμένα:

i) **Φαγοκυττάρωση:** Τα φαγοκύτταρα αποτελούν μια κατηγορία λευκών αιμοσφαιρίων και διακρίνονται στα **ουδετερόφιλα** και στα **μονοκύτταρα**. Τα τελευταία, αφού διαφοροποιηθούν σε **μακροφάγα**, εγκαθίστανται στους ιστούς. Τα φαγοκύτταρα ενεργοποιούνται μετά την εμφάνιση ενός παθογόνου μικροοργανισμού στο εσωτερικό του οργανισμού μας. Ειδικά τα μακροφάγα εγκλωβίζουν το μικροοργανισμό, τον καταστρέφουν και εκθέτουν στην επιφάνειά τους κάποια τμήματά του. Αυτό εξυπηρετεί, όπως θα δούμε στη συνέχεια, τη δράση

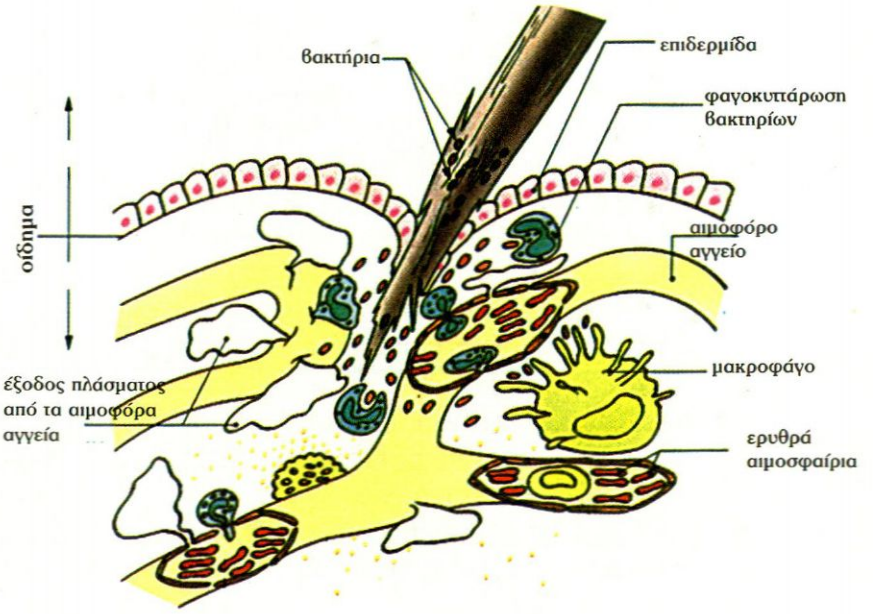


Εικόνα 1.19: Φαγοκυττάρωση μικροβίων από μακροφάγα

των ειδικών μηχανισμών άμυνας. Με φαγοκυττάρωση αντιμετωπίζονται και οι ιοί.

ii) **Φλεγμονώδης αντίδραση:** Η **φλεγμονώδης αντίδραση**, ή απλά **φλεγμονή**, εκδηλώνεται με ένα σύνολο συμπτωμάτων στα οποία περιλαμβάνονται το κοκκίνισμα στην περιοχή του τραύματος, το οίδημα, ο πόνος και η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας.

Ας δούμε τι θα συμβεί, αν το δέρμα μας τραυματιστεί και κάποιοι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταφέρουν να εισβάλουν στον οργανισμό μας από το τραύμα. Αμέσως η περιοχή του τραύματος κοκκινίζει, πρήζεται και αισθανόμαστε πόνο. Ο πόνος οφείλεται στον τραυματισμό των απολήξεων των νευρικών κυττάρων και στη δράση σ' αυτά τοξινών που απελευθερώνονται από τους μικροοργανισμούς. Παράλληλα, τα αιμοφόρα αγγεία της περιοχής διαστέλλονται, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται περισσότερο αίμα και να προκαλείται κοκκίνισμα. Το αίμα στην περιοχή του τραύματος θα πήξει σύντομα με τη δημιουργία ενός πλέγματος πρωτεϊνικής σύστασης, το οποίο ονομάζεται ινώδες. Ο σχηματισμός του ινώδους σταματά την αιμορραγία και εμποδίζει την είσοδο άλλων μικροοργανισμών. Λόγω της διαστολής των αγγείων το πλάσμα του αίματος διαχέεται στους γύρω ιστούς, προκαλώντας τοπικό **οίδημα** (πρήξιμο). Το πλάσμα περιέχει αντιμικροβιακές ουσίες, οι οποίες καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς ή ενεργοποιούν τη διαδικασία της φαγοκυττάρωσης. Επιπλέον χημικές ουσίες, που απελευθερώνονται είτε από τα τραυματισμένα κύτταρα είτε από τους μικροοργανισμούς, προσελκύουν **φαγοκύτταρα**, τα οποία φτάνουν με την κυκλοφορία του αίματος στο σημείο της φλεγμονής όπου δρουν καταστρέφοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Στο «πεδίο της μάχης» που διεξάγεται μεταξύ των μικροβίων και των κυττάρων τα οποία υπερασπίζονται την υγεία μας υπάρχουν φυσικά απώλειες και από τα δύο «στρατόπεδα»: νεκρά φαγοκύτταρα και νεκροί μικροοργανισμοί σχηματίζουν ένα παχύρρευστο κιτρινωπό υγρό, το πύον.



Εικόνα 1.20: Φλεγμονώδης αντίδραση μετά τον τραυματισμό του δέρματος από αιχμηρό αντικείμενο

iii) **Πυρετός:** Ο οργανισμός μας διαθέτει έναν ομοιοστατικό μηχανισμό που ρυθμίζει τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος στους 36,6 °C. Ωστόσο, σε περίπτωση γενικευμένης μικροβιακής μόλυνσης, η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει. Αυτή η μη φυσιολογική υψηλή θερμοκρασία του σώματος, που ονομά-

ζεται πυρετός, εμποδίζει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων. Παράλληλα βέβαια παρεμποδίζεται και η λειτουργία των ενζύμων των κυττάρων, η οποία, σε περιπτώσεις ιώσεων, έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή του πολλαπλασιασμού των ιών. Επιπλέον ο πυρετός ενισχύει τη δράση των φαγοκυττάρων.

iv) Ουσίες με αντιμικροβιακή δράση

Ιντερφερόνες: Στην περίπτωση των ιών δρα ένας επιπλέον μηχανισμός μη ειδικής άμυνας. Όταν κάποιος ιός μολύνει ένα κύτταρο, προκαλεί την παραγωγή ειδικών πρωτεϊνών, των ιντερφερονών. Σε ένα πρώτο στάδιο οι ιντερφερόνες ανιχνεύονται στο κυτταρόπλασμα του μολυσμένου κυττάρου. Σε επόμενο όμως στάδιο οι ιντερφερόνες απελευθερώνονται στο μεσοκυττάριο υγρό και από εκεί συνδέονται με υποδοχείς των γειτονικών υγιών κυττάρων. Με τη σύνδεση των ιντερφερονών στα υγιή κύτταρα ενεργοποιείται η παραγωγή άλλων πρωτεϊνών, οι οποίες έχουν την ικανότητα να παρεμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των ιών. Έτσι τα υγιή κύτταρα προστατεύονται, γιατί ο ιός, ακόμη και αν κατορθώσει να διεισδύσει σ' αυτά, είναι ανίκανος να πολλαπλασιαστεί.

Συμπλήρωμα: Πρόκειται για ομάδα είκοσι πρωτεϊνών στον ορό του αίματος με αντιμικροβιακή δράση.

Προπερδίνη: Είναι μια ομάδα τριών πρωτεϊνών στον ορό του αίματος που δρα σε συνδυασμό με τις πρωτεΐνες του συμπληρώματος για την καταστροφή των μικροβίων.

1.3.2 Μηχανισμοί ειδικής άμυνας - Ανοσία

Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει οποιαδήποτε ξένη προς αυτόν ουσία και να αντιδρά παράγοντας εξειδικευμένα κύτταρα και κυτταρικά προϊόντα (π.χ. αντισώματα), ώστε να την εξουδετερώσει. Η ικανότητα αυτή του οργανισμού ονομάζεται **ανοσία**. Η ξένη ουσία που προκαλεί την **ανοσοβιολογική απόκριση** ονομάζεται **αντιγόνο**. Ως αντιγόνο μπορεί να δράσει ένας ολόκληρος μικροοργανισμός (π.χ. ιός, βακτήριο κ.ά.), ένα τμήμα αυτού ή τοξικές ουσίες που παράγονται απ' αυτόν. Επίσης ως αντιγόνα μπορούν να δράσουν η γύρη, διάφορες φαρμακευτικές ουσίες, συστατικά τροφών, κύτταρα ή ορός από άλλα άτομα ή ζώα κ.ά.

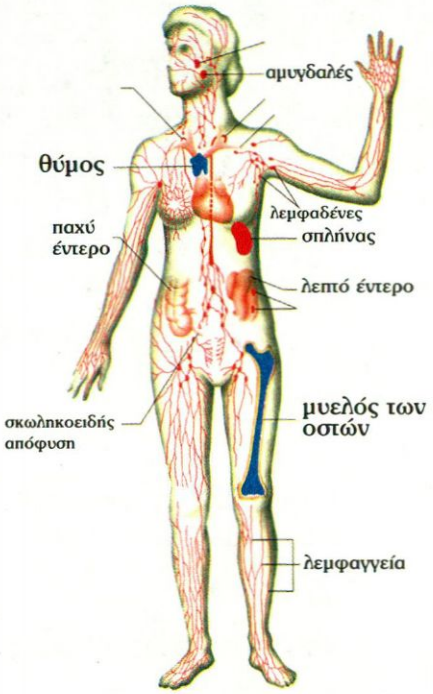
Οι μηχανισμοί ειδικής άμυνας διαθέτουν δύο χαρακτηριστικά που τους κάνουν να ξεχωρίζουν από τους μηχανισμούς μη ειδικής άμυνας. Αυτά είναι:

α. η **εξειδίκευση**, που σημαίνει ότι τα προϊόντα της ανοσοβιολογικής απόκρισης θα δράσουν μόνο εναντίον της ουσίας που προκάλεσε την παραγωγή τους, και

β. η **μνήμη**, που είναι η ικανότητα του οργανισμού να «θυμάται» τα αντιγόνα με τα οποία έχει έλθει σε επαφή, έτσι ώστε μετά από μια πιθανή δεύτερη έκθεσή του σ' αυτά να αντιδρά γρηγορότερα.

Το ανοσοβιολογικό σύστημα αποτελείται από τα **πρωτογενή λεμφικά όργανα**, που είναι ο μυελός των οστών και ο θύμος αδένας, και από τα **δευτερογενή λεμφικά όργανα**, που είναι οι λεμφαδένες, ο σπλήνας, οι αμυγδαλές και ο λεμφικός ιστός κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα. Στα δευτερογενή λεμφικά όργανα πραγματοποιείται η ανοσολογική απόκριση.

Τα κύτταρα που απαρτίζουν το ανοσοβιολογικό σύστημα είναι κυρίως τα **λεμφοκύτταρα**, τα οποία ανήκουν στα λευκά αιμοσφαίρια. Τα λεμφοκύτταρα είναι κύτταρα μικρά, σφαιρικά, με πυρήνα. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα **Τ-λεμφοκύτταρα** και τα **Β-λεμφοκύτταρα**.



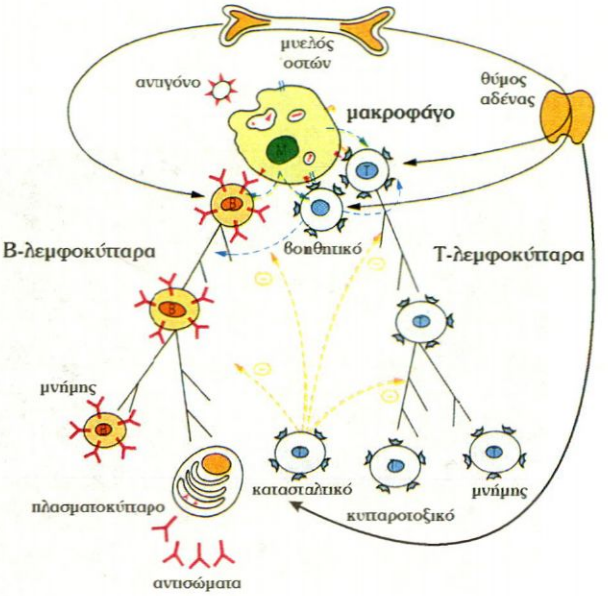
Εικόνα 1.21: Πρωτογενή (μπλε χρώμα) και δευτερογενή (κόκκινο χρώμα) λεμφικά όργανα

Τα **Τ-λεμφοκύτταρα** διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο θύμο αδένα και είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της ανοσοβιολογικής απόκρισης. Διακρίνονται σε:

- **Βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα,** τα οποία ενεργοποιούνται από το εκτεθειμένο στην επιφάνεια των μακροφάγων τμήμα του αντιγόνου και στη συνέχεια ενεργοποιούν τα Β-λεμφοκύτταρα ή άλλα είδη Τ-λεμφοκυττάρων μέσω ουσιών που εκκρίνουν.
- **Κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα,** τα οποία ενεργοποιούνται από τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα και καταστρέφουν καρκινικά κύτταρα ή κύτταρα που έχουν προσβληθεί από ιό.
- **Τ-λεμφοκύτταρα μνήμης,** τα οποία παράγονται μετά την έκθεση του οργανισμού σε ένα αντιγόνο και έχουν την ικανότητα να ενεργοποιούνται αμέσως μετά από επόμενη έκθεση του οργανισμού σ' αυτό.
- **Κατασταλτικά Τ-λεμφοκύτταρα,** τα οποία σταματούν την ανοσοβιολογική απόκριση μετά την επιτυχή αντιμετώπιση του αντιγόνου.

Τα **Β-λεμφοκύτταρα** διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο μυελό των οστών. Συνθέτουν και παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους ειδικές πρωτεΐνες που ονομάζονται **ανοσοσφαιρίνες** ή **αντισώματα**. Κάθε Β-λεμφοκύτταρο διαθέτει υποδοχείς - αντισώματα που αναγνωρίζουν ένα συγκεκριμένο αντιγόνο. Οι ειδικές αυτές πρωτεΐνες αναγνωρίζουν το συγκεκριμένο αντιγόνο που έχει εισέλθει στον οργανισμό και συνδέονται μ' αυτό. Εξαιτίας της σύνδεσης αυτής το Β-λεμφοκύτταρο υφίσταται διαδοχικές διαιρέσεις, από τις οποίες παράγονται οι εξής κατηγορίες κυττάρων:

- Τα **πλασματοκύτταρα**, που παράγουν και εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων, ίδιων μ' αυτά που υπήρχαν στην επιφάνεια του Β-λεμφοκυττάρου από το οποίο προήλθαν.
- Τα **Β-λεμφοκύτταρα μνήμης**, που ενεργοποιούνται αμέσως μετά από επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο.



Εικόνα 1.22: Διαφοροποίηση και ωρίμανση Β-λεμφοκυττάρων και Τ-λεμφοκυττάρων

Λευκά αιμοσφαίρια	Φαγοκύτταρα	Ουδετερόφιλα	
		Μονοκύτταρα	Μακροφάγα
	Λεμφοκύτταρα	Β-λεμφοκύτταρα	Πλασματοκύτταρα Κύτταρα μνήμης
		Τ-λεμφοκύτταρα	Βοηθητικά Κυτταροτοξικά Κατασταλτικά Κύτταρα μνήμης

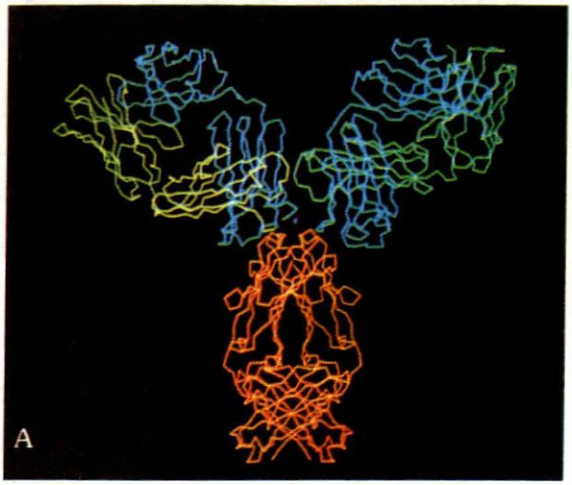
Πίνακας 1.3: Μερικά είδη λευκών αιμοσφαιρίων

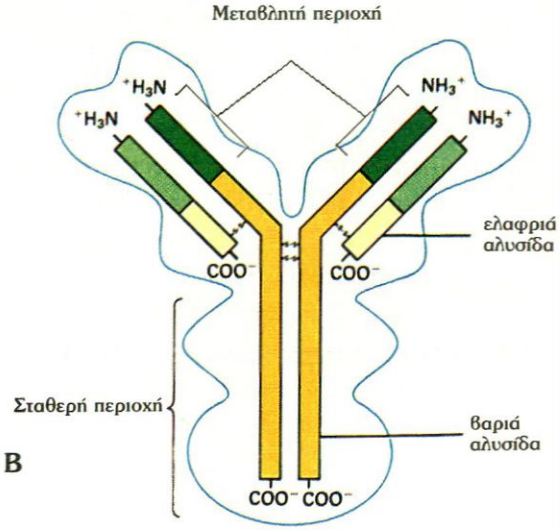
Αντισώματα

Όπως κάθε κλειδί ανοίγει μία συγκεκριμένη κλειδαριά, έτσι και κάθε αντίσωμα συνδέεται εκλεκτικά με το συγκεκριμένο αντιγόνο που προκάλεσε την παραγωγή του. Το μόριο του αντισώματος αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, δύο μεγάλες και δύο μικρές. Οι μεγάλες πολυπεπτιδικές αλυσίδες ονομάζονται **βαριές** και οι μικρές **ελαφριές**. Οι αλυσίδες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς και σχηματίζουν μια δομή που μοιάζει με σφεντόνα ή με το γράμμα Υ. Η περιοχή του μορίου του αντισώματος που συνδέεται με το αντιγόνο ονομάζεται **μεταβλητή περιοχή**. Η μεταβλητή περιοχή, ανάλογα με το σχήμα της, που οφείλεται στην αλληλουχία των αμινοξέων της, καθιστά ικανό το αντίσωμα να συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αντιγόνο. Αντίθετα, το υπόλοιπο τμήμα του είναι ίδιο σε όλα τα αντισώματα και αποτελεί τη **σταθερή περιοχή** του αντισώματος.

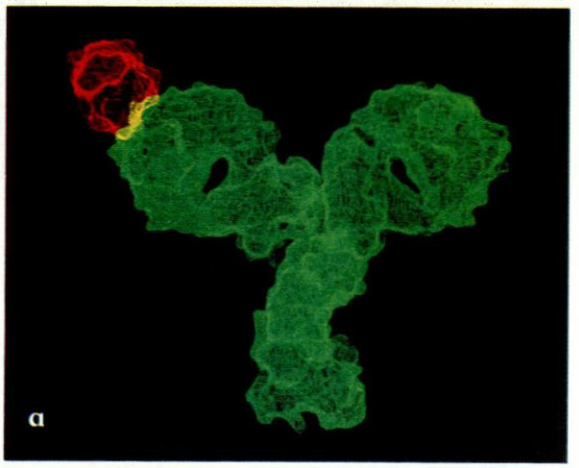
Η σύνδεση αντιγόνου - αντισώματος έχει ως αποτέλεσμα:

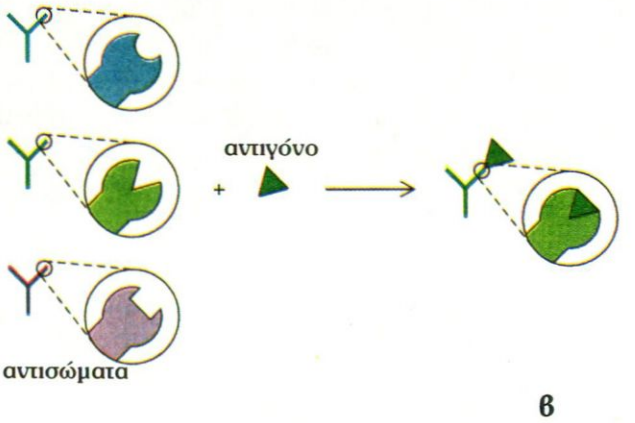
1. την ενεργοποίηση του συμπληρώματος,
2. την αδρανοποίηση των παραγόμενων τοξινών,
3. την αναγνώριση του μικροοργανισμού από τα μακροφάγα με σκοπό την ολοκληρωτική του καταστροφή.

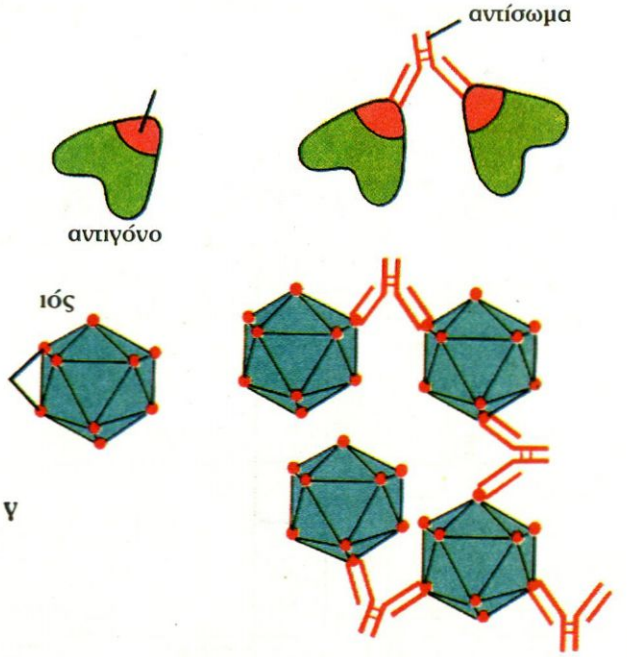




Εικόνα 1.23: Δομή αντισώματος







Εικόνα 1.24: α) Σύνδεση αντισώματος - αντιγόνου, β) συμπληρωματικότητα αντισώματος - αντιγόνου, γ) ένα αντίσωμα συνδέεται με περισσότερα από ένα αντιγόνα.

Στάδια ανοσοβιολογικής απόκρισης

Η αντίδραση του ανοσοβιολογικού μας συστήματος στην είσοδο κάθε αντιγόνου συνιστά την ανοσοβιολογική απόκριση, η οποία διακρίνεται σε **πρωτογενή** και **δευτερογενή**.

Η **πρωτογενής ανοσοβιολογική απόκριση** ενεργοποιείται κατά την πρώτη επαφή του οργανισμού με ένα αντιγόνο. Περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Στάδιο 1ο

Ενεργοποίηση των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων

Αρχικά, με την εμφάνιση του παθογόνου μικροοργανισμού, ενεργοποιούνται τα μακροφάγα. Τα κύτταρα αυτά, εκτός από τη δυνατότητα που έχουν να καταστρέφουν το μικρόβιο, έχουν και την ικανότητα να εκθέτουν στην επιφάνειά τους τμήματα του μικροβίου που έχουν εγκλωβίσει και καταστρέψει, λειτουργώντας έτσι ως **αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα**. Το τμήμα του μικροβίου που εκτίθεται συνδέεται με μια πρωτεΐνη της επιφάνειας των μακροφάγων, χαρακτηριστική για κάθε άτομο, η οποία ονομάζεται **αντιγόνο ιστοσυμβατότητας**. Τα κύτταρα που ενεργοποιούνται πρώτα μετά την παρουσίαση του αντιγόνου είναι τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα.

Στάδιο 2ο

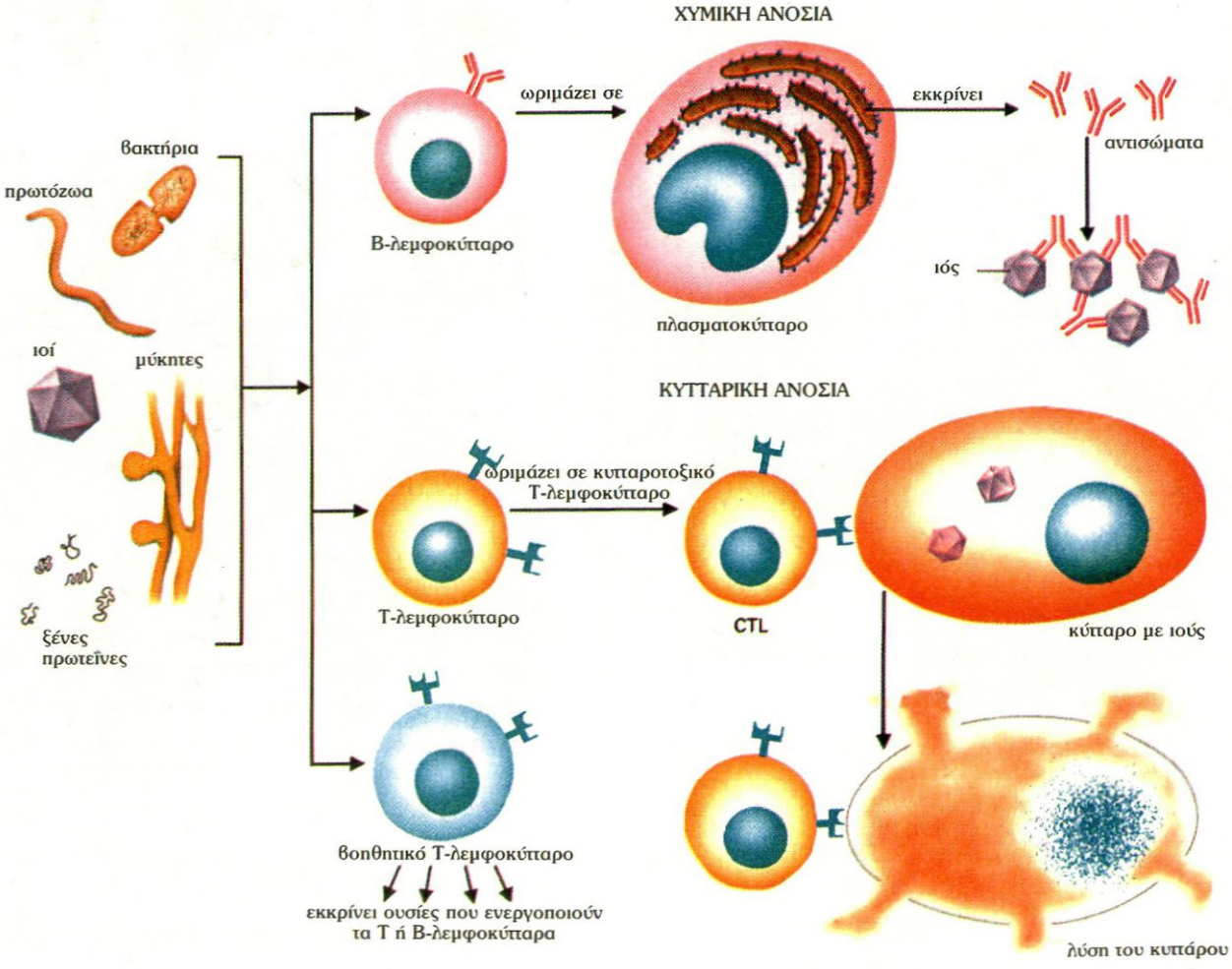
α. Ενεργοποίηση των Β-λεμφοκυττάρων (χυμική ανοσία)

Σ' αυτό το στάδιο τα βοηθητικά Τ-λεμφο-

κύτταρα, τα οποία έχουν ενεργοποιηθεί από τα αντιγόνα που βρίσκονται εκτεθειμένα στην επιφάνεια των μακροφάγων, εκκρίνουν ουσίες που ενεργοποιούν τα Β-λεμφοκύτταρα, προκειμένου αυτά να πολλαπλασιαστούν και τελικά να διαφοροποιηθούν σε πλασματοκύτταρα και Β-λεμφοκύτταρα μνήμης. Τα πλασματοκύτταρα στη συνέχεια εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων ειδικών για το συγκεκριμένο αντιγόνο. Τα Β-λεμφοκύτταρα μνήμης θα ενεργοποιηθούν στην περίπτωση που ο οργανισμός θα εκτεθεί και πάλι στο ίδιο αντιγόνο. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται **χυμική ανοσία**, γιατί τα αντισώματα απελευθερώνονται μέσα στο αίμα και στη λέμφο, αντιδρούν με το αντιγόνο και το εξουδετερώνουν.

β. Ενεργοποίηση κυτταροτοξικών Τ-λεμφοκυττάρων (κυτταρική ανοσία)

Παράλληλα με την ενεργοποίηση των Β-λεμφοκυττάρων, τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, στην περίπτωση κατά την οποία το αντιγόνο είναι ένα κύτταρο (καρκινικό κύτταρο, κύτταρο μεταμοσχευμένου ιστού ή κύτταρο μολυσμένο από ιό), βοηθούν τον πολλαπλασιασμό και την ενεργοποίηση μιας άλλης ειδικής κατηγορίας Τ-λεμφοκυττάρων, των **κυτταροτοξικών Τ-λεμφοκυττάρων**, τα οποία θα καταστρέψουν τα κύττα-



Εικόνα 1.25: Χυμική και κυτταρική ανοσία

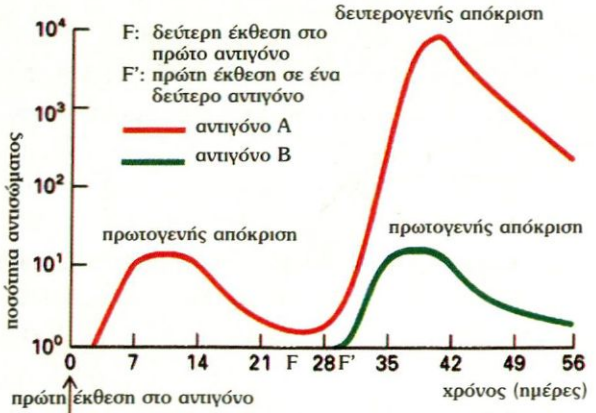
ρα - στόχους. Η δράση των βοηθητικών αλλά και των κυτταροτοξικών Τ-λεμφοκυττάρων αποτελεί την **κυτταρική ανοσία**. Και στις δύο κατηγορίες Τ-λεμφοκυττάρων σχηματίζονται Τ-λεμφοκύτταρα μνήμης, που θα ενεργοποιηθούν σε πιθανή επόμενη επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο.

Στάδιο 3ο

Τερματισμός της ανοσοβιολογικής απόκρισης

Τελικά, τόσο με τη βοήθεια μιας ειδικής κατηγορίας Τ-λεμφοκυττάρων, που ονομάζονται **κατασταλτικά Τ-λεμφοκύτταρα**, όσο και με τη βοήθεια των προϊόντων της ίδιας της ανοσοβιολογικής απόκρισης, αυτή ολοκληρώνεται και σταματά την κατάλληλη στιγμή.

Η **δευτερογενής ανοσοβιολογική απόκριση** ενεργοποιείται κατά την επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο για δεύτερη (ή επόμενη) φορά. Στην περίπτωση αυτή ενεργοποιούνται τα κύτταρα μνήμης, ξεκινά αμέσως η έκκριση αντισωμάτων και έτσι δεν προλαβαίνουν να εμφανιστούν τα συμπτώματα της ασθένειας. Το άτομο δεν ασθενεί και πιθανότατα δεν αντιλαμβάνεται ότι μολύνθηκε.



Εικόνα 1.26: Το διάγραμμα δείχνει την πρωτογενή και δευτερογενή απόκριση.

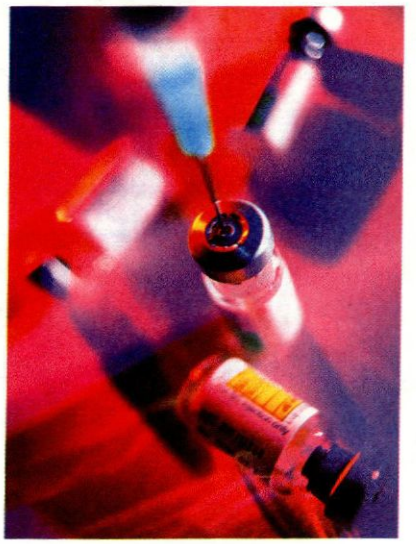
Τύποι ανοσίας - Ενεργητική και παθητική ανοσία

Η ανοσία, η ικανότητα δηλαδή του οργανισμού να παράγει κύτταρα και κυτταρικά προϊόντα (αντισώματα) που να είναι αποτελεσματικά στην εξουδετέρωση οποιουδήποτε αντιγόνου, διακρίνεται σε ενεργητική και παθητική. Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση το αν τα αντισώματα παράγονται από τον ίδιο τον οργανισμό (ενεργητική ανοσία) ή αν παρέχονται στον οργανισμό έτοιμα αντισώματα που έχουν παραχθεί από άλλο οργανισμό (παθητική ανοσία).

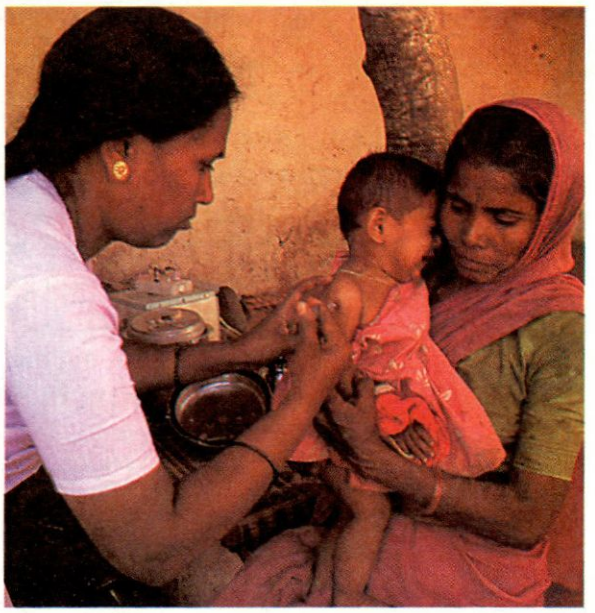
Στην **ενεργητική ανοσία** ο οργανισμός μπορεί να ενεργοποιηθεί με δύο τρόπους:

α. Να έλθει σε επαφή με ένα αντιγόνο που βρίσκεται στο περιβάλλον (φυσικός τρόπος).

β. Να δεχτεί μια ποσότητα εμβολίου το οποίο περιέχει νεκρούς ή εξασθενημένους μικροοργανισμούς ή τμήματά τους (τεχνητός τρόπος). Το εμβόλιο, όπως θα έκανε και ο ίδιος ο μικροοργανισμός, ενεργοποιεί τον ανοσοβιολογικό μηχανισμό, για να παραγάγει αντισώματα και κύτταρα μνήμης. Το άτομο που εμβολιάζεται δεν εμφανίζει συνήθως τα συμπτώματα της ασθένειας και φυσικά δεν τη μεταδίδει.

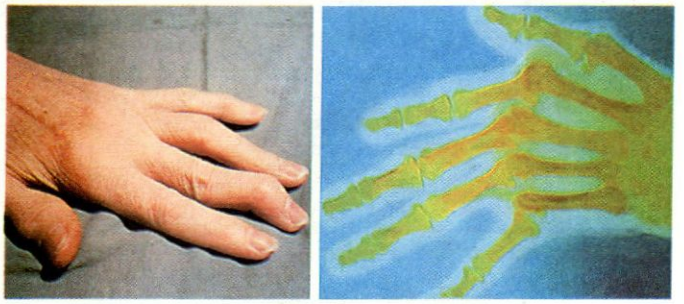


Εικόνα 1.27: Εμβόλια



Εικόνα 1.28: Εμβολιασμός στην παιδική ηλικία

Στην **παθητική ανοσία** χορηγούνται στον οργανισμό έτοιμα αντισώματα που έχουν παραχθεί από άλλο οργανισμό. Παθητική ανοσία μπορεί να επιτευχθεί φυσιολογικά με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο έμβρυο διαμέσου του πλακούντα και με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο νεογνό διαμέσου του μητρικού γάλακτος. Σε ένα ενήλικο άτομο παθητική ανοσία μπορεί να επιτευχθεί τεχνητά με τη χορήγηση ορού που περιέχει έτοιμα αντισώματα τα οποία έχουν παραχθεί σε κάποιο άλλο άτομο ή ζώο. Η δράση της παθητικής ανοσίας είναι άμεση αλλά η διάρκειά της είναι παροδική.



Εικόνα 1.29: Ρευματοειδής αρθρίτιδα

1.3.3 Προβλήματα στη δράση του ανοσοβιολογικού συστήματος

Σε ορισμένες περιπτώσεις το ανοσοβιολογικό σύστημα μπορεί να δράσει είτε εναντίον συστατικών του ίδιου του οργανισμού **(αυτοανοσία)** είτε εναντίον μη παθογόνων παραγόντων **(αλλεργία)**, προκαλώντας προβλήματα στην υγεία και απειλώντας συχνά την ίδια τη ζωή του ατόμου.

Αυτοάνοσα νοσήματα

Σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις, που ονομάζονται **αυτοάνοσα νοσήματα**, ο οργανισμός στρέφεται εναντίον των δικών του συστατικών, είτε παράγοντας αντισώματα **(αυτοαντισώματα)** που αναγνωρίζουν σαν ξένα και καταστρέφουν τα δικά του κύτταρα είτε ενεργοποιώντας κύτταρα που κατευθύνονται εναντίον των κυττάρων του οργανισμού. Αυτοάνοσα νοσήματα είναι η ρευματοειδής αρθρίτιδα, ο συστηματικός ερυθηματώδης λύκος κ.ά.

Αν και η αιτιολογία των αυτοάνοσων νοσημάτων δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί πλήρως, έχουν ωστόσο διατυπωθεί μερικές υποθέσεις που επιχειρούν να ερμηνεύσουν την εμφάνισή τους. Ανάμεσα σ' αυτές είναι και οι εξής:

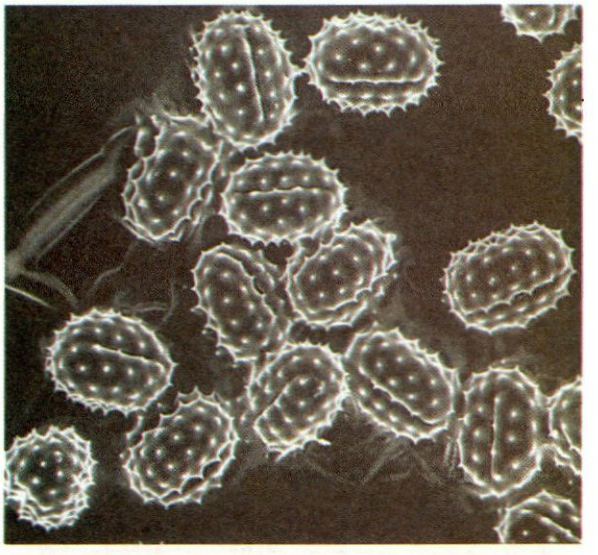
- Ένας ιός μπορεί να «δανειστεί» πρωτεΐνες του κυττάρου - ξενιστή και να τις ενσωματώσει στο έλυτρό του. Το ανοσοβιολογικό σύστημα θεωρεί τις πρωτεΐνες αυτές ξένες και στρέφεται εναντίον του ιού, αλλά και εναντίον όσων κυττάρων τις φέρουν, δηλαδή των κυττάρων του ίδιου του οργανισμού.
- Τα Τ-λεμφοκύτταρα δεν έχουν «μάθει» να ξεχωρίζουν ορισμένα συστατικά των κυττάρων του ίδιου του οργανισμού από συστατικά ξένων κυττάρων, με αποτέλεσμα να επιτίθενται και στα κύτταρα του οργανισμού. Για παράδειγμα, συστατικά των κυττάρων των βαλβίδων της καρδιάς μοιάζουν με συστατικά ορισμένων βακτηρίων που

δρουν ως αντιγόνα. Μετά από μια πιθανή μόλυνση από ένα τέτοιο βακτήριο τα αντισώματα που παράγονται στρέφονται και εναντίον κυττάρων του οργανισμού.

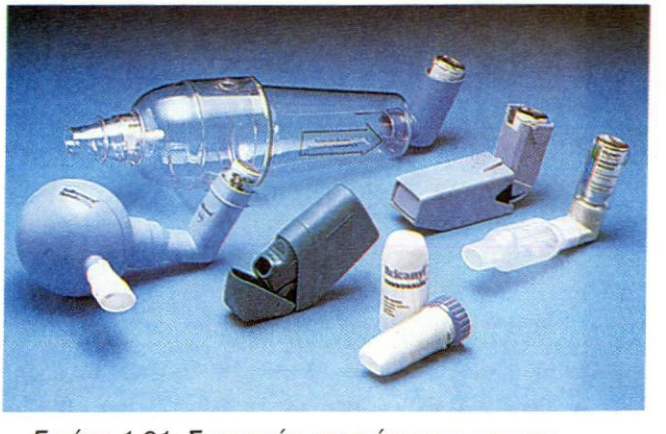
- Μεταβάλλεται κάποιο συστατικό στα κύτταρα του οργανισμού ή εμφανίζεται ένα νέο, με αποτέλεσμα αυτά να αναγνωρίζονται σαν ξένα και να ενεργοποιούν το ανοσοβιολογικό σύστημα.
- Συστατικά κυττάρων του οργανισμού που ανήκουν σε ιστούς οι οποίοι δεν αιματώνονται έντονα αναγνωρίζονται σαν ξένα (π.χ. η περίπτωση ανάπτυξης καταρράκτη).

Αλλεργία

Η ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού συστήματος του οργανισμού από παράγοντες που υπάρχουν στο περιβάλλον του, όπως για παράδειγμα στα τρόφιμα ή στα φάρμακα, και οι οποίοι δεν είναι παθογόνοι ή γενικώς επικίνδυνοι για την υγεία ονομάζεται **αλλεργία**. Οι παράγοντες που προκαλούν την αλλεργία ονομάζονται **αλλεργιογόνα**. Για την εμφάνιση των κλινικών συμπτωμάτων της αλλεργίας απαιτείται η ευαισθητοποίηση του οργανισμού σε κάποιο αλλεργιογόνο και η επανέκθεσή του, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, σ' αυτό. Κατά το στάδιο της ευαισθητοποίησης το αλλεργιογόνο εισέρχεται στον οργανισμό, αναγνωρίζεται σαν ξένο, υφίσταται επεξεργασία και εκτίθεται από τα αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα στα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα. Όταν το ίδιο αλλεργιογόνο εισέλθει την επόμενη φορά στον ίδιο οργανισμό και αρχίσει τη δράση του, τότε από ειδικά κύτταρα του οργανισμού παράγονται κάποιες ουσίες, όπως είναι η **ισταμίνη**. Η ουσία αυτή προκαλεί αύξηση της διαπερατότητας των αγγείων, σύσπαση των λείων μυϊκών ινών, ενώ παράλληλα διεγείρει και την εκκριτική δραστηριότητα των βλεννογόνων αδένων. Οι αλλεργίες έχουν συνήθως ως αποτέλεσμα την εμφάνιση άσθματος, ναυτί-



Εικόνα 1.30: Αλλεργιογόνα: γυρεόκοκκοι, άκαρι



Εικόνα 1.31: Συσκευές και φάρμακα για την αντιμετώπιση του αλλεργικού άσθματος

ας, καταρροής και διάρροιας, ανάλογα με τους ιστούς τους οποίους προσβάλλει το αλλεργιογόνο. Η χρήση αντιισταμινικών φαρμάκων ενδείκνυται για την καταπολέμηση των συμπτωμάτων της αλλεργίας.

Μεταμοσχεύσεις - Απόρριψη μοσχευμάτων

Στην επιφάνεια ορισμένης κατηγορίας κυττάρων (π.χ. των μακροφάγων) υπάρχουν πρωτεΐνες που ονομάζονται **αντιγόνα ιστοσυμβατότητας,** ο συνδυασμός των οποίων είναι χαρακτηριστικός και μοναδικός για κάθε άτομο. Σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις κρίνεται απαραίτητη η **μεταμόσχευση ιστών** ή **οργάνων** για την επιβίωση ενός ατόμου. Ωστόσο, στην περίπτωση που τα αντιγόνα ιστοσυμβατότητας των μοσχευμάτων (ιστών ή οργάνων) του δότη παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με αυτά του δέκτη, τότε ενεργοποιείται το ανοσοβιολογικό σύστημα του δέκτη και απορρίπτει το μόσχευμα. Σήμερα πραγματοποιούνται μεταμοσχεύσεις διάφορων ιστών ή οργάνων με μεγάλη επιτυχία, αφού προλαμβάνεται η απόρριψη του μοσχεύματος είτε με επιλογή του κατάλληλου δότη, αυτού δηλαδή που έχει τα ίδια αντιγόνα ιστοσυμβατότητας με το δέκτη, είτε χορηγώντας στο δέκτη φάρμακα που καταστέλλουν τη λειτουργία του ανοσοβιολογικού συστήματος. Λόγω όμως της ανοσοκαταστολής ο δέκτης του μοσχεύματος γίνεται ευάλωτος στη δράση μικροοργανισμών, με συνέπεια την εμφάνιση ασθενειών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η άμυνα του οργανισμού εναντίον των παθογόνων μικροοργανισμών επιτυγχάνεται με ένα σύνολο μηχανισμών, οι οποίοι μπορούν να διακριθούν τόσο με βάση τη θέση τους στο ανθρώπινο σώμα (εξωτερικοί - εσωτερικοί μηχανισμοί) όσο και με βάση την ιδιότητά τους να έχουν γενικευμένη (μη ειδικοί αμυντικοί μηχανισμοί) ή εξειδικευμένη δράση (ειδικοί αμυντικοί μηχανισμοί).

Βασικό χαρακτηριστικό της μη ειδικής άμυνας είναι η δυνατότητα αντιμετώπισης οποιουδήποτε παθογόνου μικροοργανισμού. Περιλαμβάνει μηχανισμούς που παρεμποδίζουν την είσοδο μικροοργανισμών στον οργανισμό μας, καθώς και μηχανισμούς που αντιμετωπίζουν γενικά τους μικροοργανισμούς μετά την είσοδό τους στον οργανισμό.

Η ειδική άμυνα συνίσταται στη λειτουργία του ανοσοβιολογικού συστήματος. Οι μηχανισμοί ειδικής άμυνας διαθέτουν εξειδίκευση και μνήμη. Το ανοσοβιολογικό σύστημα του ανθρώπου έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει οποιαδήποτε ξένη προς αυτόν ουσία και να αντιδρά κατάλληλα, ώστε να την εξουδετερώσει. Η ικανότητα αυτή του οργανισμού να διακρίνει τις ξένες προς αυτόν χημικές ουσίες και να ενεργοποιεί κύτταρα (κυτταρική ανοσία) και κυτταρικά προϊόντα (χυμική ανοσία), όπως είναι τα αντισώματα, ώστε να τις εξουδετερώσει, ονομάζεται ανοσία. Η ξένη ουσία που προκαλεί την απόκριση του ανοσοβιολογικού συστήματος ονομάζεται αντιγόνο.

Το ανοσοβιολογικό σύστημα αποτελείται από τα πρωτογενή λεμφικά όργανα, που είναι ο μυελός των οστών και ο θύμος αδένας, και από τα δευτερογενή λεμφικά όργανα, που είναι οι λεμφαδένες, ο σπλήνας, οι αμυγδαλές και ο λεμφικός ιστός κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα.

Τα κύτταρα που απαρτίζουν το ανοσοβιολογικό σύστημα είναι κυρίως τα λεμφοκύτταρα, τα οποία ανήκουν στα λευκά αιμοσφαίρια. Τα λεμφοκύτταρα είναι κύτταρα μικρά, στρογγυλά, με σφαιρικό πυρήνα. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα Τ-λεμφοκύτταρα και τα Β-λεμφοκύτταρα.

Τα Τ-λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο θύμο αδένα και είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της ανοσοβιολογικής απόκρισης. Διακρίνονται σε: βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα, Τ-λεμφοκύτταρα μνήμης, κατασταλτικά Τ-λεμφοκύτταρα.

Τα Β-λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο μυελό των οστών. Συνθέτουν και παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους ειδικές πρωτεΐνες που ονομάζονται ανοσοσφαιρίνες ή αντισώματα. Κάθε Β-λεμφοκύτταρο διαθέτει υποδοχείς - αντισώματα που αναγνωρίζουν ένα συγκεκριμένο αντιγόνο. Οι ειδικές αυτές πρωτεΐνες αναγνωρίζουν το αντιγόνο που έχει εισέλθει στον οργανισμό και συνδέονται μ' αυτό. Εξαιτίας της σύνδεσης αυτής το Β-λεμφοκύτταρο υφίσταται διαδοχικές διαιρέσεις, από τις οποίες παράγονται οι εξής κατηγορίες κυττάρων: τα πλασματοκύτταρα, που παράγουν και εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων ίδιων μ' αυτά που υπήρχαν στην επιφάνεια του Β-λεμφοκυττάρου από το οποίο προήλθαν, και τα Β-λεμφοκύτταρα μνήμης, που ενεργοποιούνται αμέσως μετά από επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο.

Σε πολλές περιπτώσεις το ανοσοβιολογικό σύστημα λειτουργεί είτε εναντίον συστατικών του ίδιου του οργανισμού (αυτοανοσία) είτε εναντίον μη παθογόνων παραγόντων (αλλεργία) προκαλώντας μεγάλα προβλήματα στην επιβίωση του ατόμου. Σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις κρίνεται απαραίτητη η μεταμόσχευση ιστών ή οργάνων για την επιβίωση ενός ατόμου. Ωστόσο, στην περίπτωση που τα αντιγόνα ιστοσυμβατότητας των μοσχευμάτων (ιστών ή οργάνων) του δότη παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με αυτά του δέκτη, τότε ενεργοποιείται το ανοσοβιολογικό σύστημα του δέκτη και απορρίπτει το μόσχευμα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Μη ειδική άμυνα
Φαγοκυττάρωση
Φλεγμονή
Ουδετερόφιλα
Μονοκύτταρα
Μακροφάγα
Πυρετός
Ιντερφερόνες
Ανοσοβιολογικό σύστημα
Πρωτογενή λεμφικά όργανα
Δευτερογενή λεμφικά όργανα
Ανοσία
Κυτταρική ανοσία
Χυμική ανοσία
Πρωτογενής ανοσοβιολογική απόκριση
Δευτερογενής ανοσοβιολογική απόκριση
Αντιγόνο
Τ-λεμφοκύτταρο
Β-λεμφοκύτταρο
Πλασματοκύτταρο
Ανοσοσφαιρίνες ή αντισώματα
Αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα
Ενεργητική ανοσία
Παθητική ανοσία
Αυτοάνοσα νοσήματα
Αλλεργία
Αλλεργιογόνο
Ισταμίνη
Μεταμόσχευση
Αντιγόνα ιστοσυμβατότητας

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

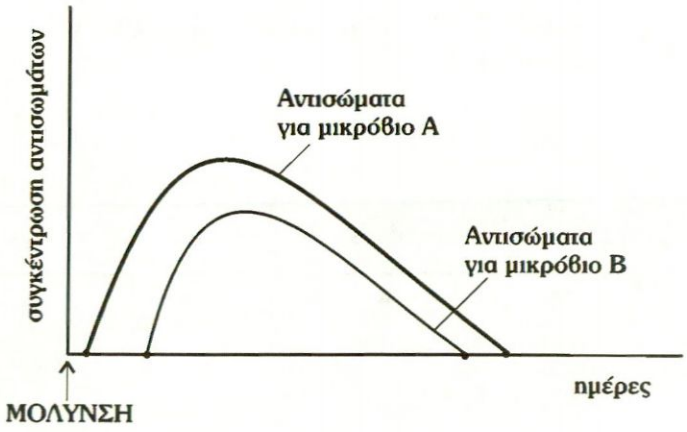
1. Βακτήριο κατόρθωσε να εισδύσει στον οργανισμό μας μέσω του δέρματος και να εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος. Ποιοι αμυντικοί μηχανισμοί του δέρματος παρακάμφθηκαν, ποιοι και με ποια σειρά πρόκειται να ενεργοποιηθούν;

2. Ιός κατόρθωσε να εισδύσει στον οργανισμό μας μέσω του δέρματος και να εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος. Ποιοι αμυντικοί μηχανισμοί του δέρματος παρακάμφθηκαν, ποιοι και με ποια σειρά πρόκειται να ενεργοποιηθούν;

3. Ποιο είδος ανοσίας μάς προστατεύει γρηγορότερα, η τεχνητή παθητική ανοσία ή η φυσική ενεργητική; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

4. Ποιο είδος ανοσίας μάς προστατεύει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ένα μικροοργανισμό, η παθητική ή η ενεργητική; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

5. Το διάγραμμα παρουσιάζει τη μεταβολή της συγκέντρωσης των αντισωμάτων στο αίμα ενός ανθρώπου που μολύνθηκε ταυτόχρονα από δύο διαφορετικά μικρόβια (Α και Β). Να επισημάνετε δύο διαφορές στη γραφική παράσταση της μεταβολής της συγκέντρωσης κάθε αντισώματος και να τις αιτιολογήσετε.



6. Να τοποθετήσετε το σύμβολο + στα ορθογώνια στα οποία πιστεύετε ότι υπάρχει αντιστοίχιση ανάμεσα στους όρους της κατακόρυφης και της οριζόντιας στήλης:

	ορός	αντιβιοτικό	Τ-λεμφοκύτταρο
ιός			
βακτήριο			
τοξίνη			
καρκινικό κύτταρο			

7. Να εξηγήσετε γιατί:

α. Μπορούμε να νοσήσουμε από ερυθρά ή παρωτίτιδα μία φορά, ενώ από γρίπη επανειλημμένα.(Οι ασθένειες που αναφέρονται,οφείλονται όλες σε ιούς).

β. Τα μωρά που θηλάζουν έχουν μικρότερη πιθανότητα να νοσήσουν από μια μολυσματική ασθένεια από εκείνα που δε θηλάζουν.

γ. Δε χρησιμοποιούμε αντιβιοτικά για την αντιμετώπιση του κρυολογήματος.

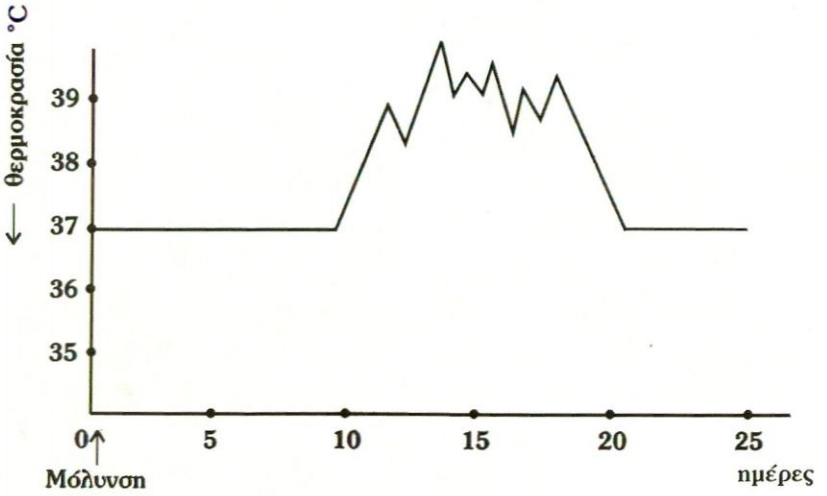
8. Το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει τη διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια μιας ασθένειας που προκλήθηκε από βακτήρια.

α. Ποιο τμήμα του διαγράμματος αντιστοιχεί στην περίοδο των συμπτωμάτων της ασθένειας;

β. Ποια είναι η περίοδος επώασης του βακτηρίου;

γ. Ποια είναι η υψηλότερη θερμοκρασία που μετρήθηκε και πόσες ημέρες κράτησε ο πυρετός;

δ. Ποιο δεδομένο του διαγράμματος υποδηλώνει την εμφάνιση και τη δράση αντισωμάτων;



9. Ο Γιάννης και η Ελένη χτύπησαν παίζοντας. Ο Γιάννης είχε κάνει αντιτετανικό εμβόλιο, ενώ η Ελένη όχι, γι' αυτό της χορήγησαν αντιτετανικό ορό.

α. Τι σημαίνει εμβόλιο και τι ορός;

β. Ποιο είδος ανοσίας έχει ο Γιάννης και ποιο η Ελένη;

γ. Να περιγράψετε με ποιον τρόπο εξουδετερώθηκε πιθανώς το βακτήριο του τετάνου στο Γιάννη και στην Ελένη.

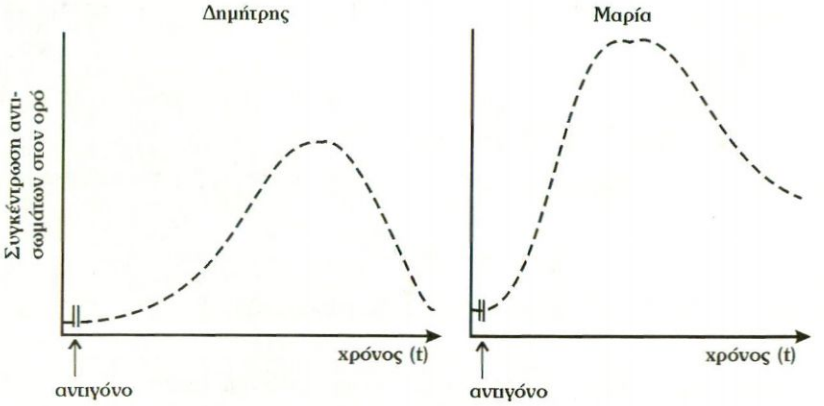
10. Σε μια περιοχή έχει παρουσιαστεί επιδημία ιλαράς. Μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις αντισωμάτων σε δύο αδέλφια, το Δημήτρη και τη Μαρία, όπως απεικονίζονται στα παρακάτω διαγράμματα (σε συνάρτηση με το χρόνο t).

Α. Να συγκρίνετε και να αιτιολογήσετε τα διαγράμματα.

Β. Να περιγράψετε την ανοσοβιολογική απόκριση που έλαβε χώρα:

α) στο ανοσοβιολογικό σύστημα της Μαρίας και

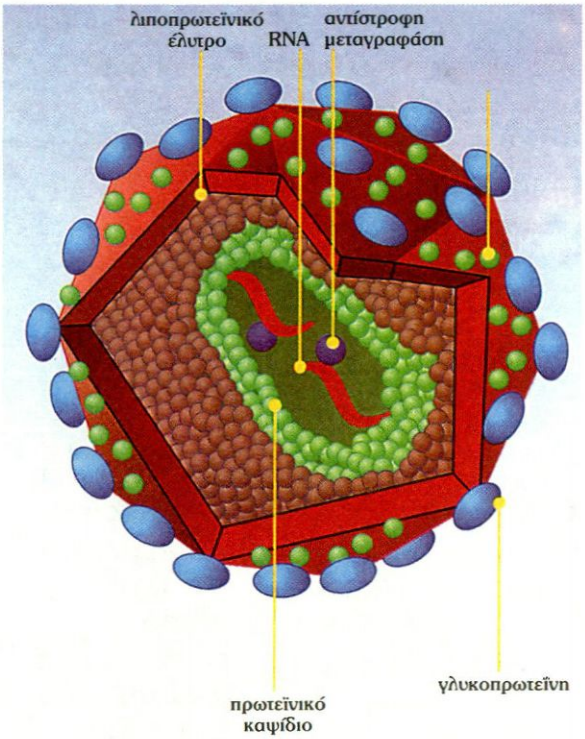
β) στο ανοσοβιολογικό σύστημα του Δημήτρη.



1.3.4 Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας (AIDS)

Η εξασθένηση της λειτουργίας του ανοσοβιολογικού συστήματος του ανθρώπινου οργανισμού ονομάζεται ανοσολογική ανεπάρκεια. Αυτή συνήθως είναι επίκτητη. Μία από τις σοβαρότερες ασθένειες, η οποία εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά το 1981, είναι το **Σύνδρομο της Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας** (**A**cquired **I**mmune **D**eficiency **S**yndrome: **AIDS**), που οφείλεται στον ιό **HIV** (**H**uman **I**mmunodeficiency **V**irus). Το AIDS είναι μία από τις σοβαρότερες ασθένειες της εποχής μας. Σύμφωνα με τις γνώμες των ειδικών, ο ιός του AIDS προήλθε από συνεχείς μεταλλάξεις ενός ιού που προσβάλλει τον αφρικανικό πίθηκο και είναι άγνωστο πώς μεταδόθηκε στον άνθρωπο. Η εξάπλωση της ασθένειας σε όλες τις χώρες του κόσμου έχει πάρει εκρηκτικές διαστάσεις και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους για την παγκόσμια υγεία.

Δομή του ιού: Ο HIV ανήκει στους ρετροϊούς, είναι δηλαδή ιός RNA. Διαθέτει, εκτός από το γενετικό του υλικό (RNA), και το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφάση, με το οποίο μπορεί να γίνει σύνθεση DNA με μήτρα το RNA του ιού. Το γενετικό υλικό του ιού, καθώς και τα διάφορα ένζυμα που διαθέτει, είναι κλεισμένα σε ένα πρωτεϊνικό καψίδιο, το οποίο περιβάλλεται από ένα λιποπρωτεϊνικής φύσης έλυτρο. Ο ιός προσβάλλει κυρίως τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, καθώς και άλλα είδη κυττάρων, όπως είναι τα κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα και τα νευρικά κύτταρα. Ο ιός εισβάλλει στα κύτταρα αυτά, αφού προσδεθεί στους ειδικούς υποδοχείς που υπάρχουν στην επιφάνειά τους.



Εικόνα 1.32: Ιός HIV

Μετάδοση της ασθένειας: Στον οργανισμό του ανθρώπου ο ιός ανιχνεύεται κυρίως στο αίμα, στο σπέρμα, στις κολπικές εκκρίσεις, στο σάλιο, στα δάκρυα, στον ιδρώτα, στο μητρικό γάλα, στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό κ.α. Στα τρία πρώτα, δηλαδή στο αίμα, στο σπέρμα και στις κολπικές εκκρίσεις, βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Αυτό προδιαγράφει και τον τρόπο μετάδοσης του ιού. Ο ιός μπορεί να μεταδοθεί με τη μετάγγιση αίματος ή με τη χρήση της ίδιας σύριγγας (κυρίως από τοξικομανείς). Μπορεί επίσης να μεταδοθεί και κατά τη σεξουαλική επαφή ενός φορέα και ενός υγιούς ατόμου. Δεν αποκλείεται μετάδοση του ιού και κατά τον τοκετό, από τη μητέρα - φορέα προς το νεογνό.

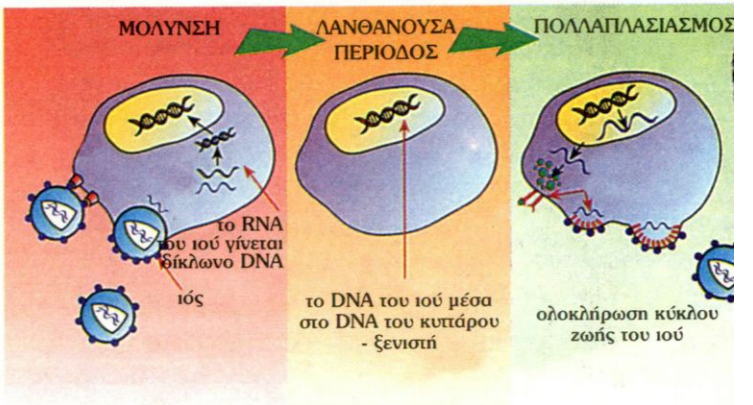
Αντίθετα, δεν έχει αποδειχθεί μετάδοση του ιού μέσω των εντόμων, με το σάλιο, με τη χειραψία, με τους ασπασμούς κατά τις κοινωνικές εκδηλώσεις, με την κοινή χρήση σκευών φαγητού. Κατόπιν όλων αυτών είναι εμφανές ποιες προφυλάξεις πρέπει να παίρνει ο άνθρωπος, για να περιοριστεί η

μετάδοση της νόσου. Αυτές είναι:

- Ο έλεγχος του αίματος που προορίζεται για μεταγγίσεις.
- Η χρησιμοποίηση συρίγγων μιας χρήσης **και μόνο μία φορά** από ένα άτομο.
- Η πλήρης αποστείρωση των χειρουργικών και των οδοντιατρικών εργαλείων.
- Η χρήση προφυλακτικού κατά τη σεξουαλική επαφή.

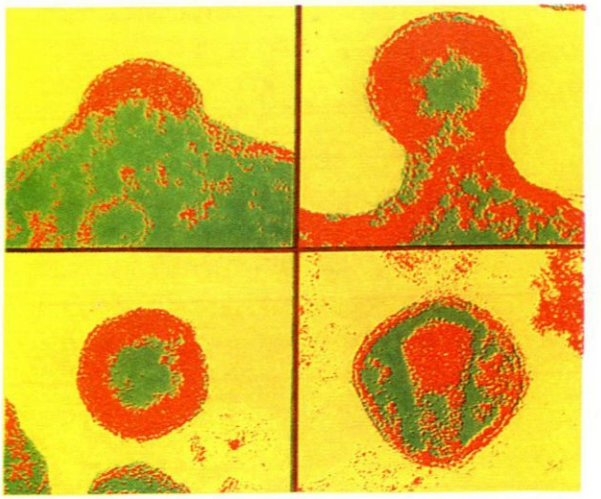
Διάγνωση της ασθένειας: Η διάγνωση της νόσου γίνεται είτε με την ανίχνευση του RNA του ιού είτε με την ανίχνευση των ειδικών για τον ιό αντισωμάτων στο αίμα του ασθενούς. Το δεύτερο είναι δυνατό να γίνει μετά την παρέλευση 6 εβδομάδων έως 6 μηνών από την εισβολή του ιού στον οργανισμό. Δυστυχώς όμως η ύπαρξη ειδικών αντισωμάτων ή ειδικών κυτταροτοξικών Τ-λεμφοκυττάρων στον οργανισμό του ατόμου δε σημαίνει αυτόματα και ανοσία. Ο ιός συνυπάρχει στο μολυσμένο άτομο με τα αντισώματα που έχουν παραχθεί γι' αυτόν.

Περιγραφή των σταδίων της ασθένειας: Όταν ο ιός HIV εισέλθει στον οργανισμό του ανθρώπου, αρχίζει ένας «αγώνας» μεταξύ αυτού και του ανοσοβιολογικού συστήματος. Με την είσοδό του στον οργανισμό ο ιός HIV συνδέεται με τους ειδικούς υποδοχείς που βρίσκονται στην πλασματική μεμβράνη των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων και μολύνει περιορισμένο αριθμό από αυτά τα κύτταρα. Κατ' αυτό τον τρόπο το γενετικό υλικό του ιού εισέρχεται στα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα. Εκεί πολλαπλασιάζεται χρησιμοποιώντας το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφάση και αξιοποιώντας τους μηχανισμούς του κυττάρου. Αρχικά από το RNA του ιού συντίθεται μονόκλωνο DNA, το οποίο στη συνέχεια μετατρέπεται σε δίκλωνο DNA. Συνήθως το δίκλωνο DNA του ιού συνδέεται με το DNA του κυττάρου - ξενιστή και παραμένει ανενεργό (σε λανθάνουσα κατάσταση). Κατά την περίοδο αυτή το άτομο θεωρείται φορέας του ιού.



Εικόνα 1.33: Κύκλος ζωής του HIV

Υπάρχει όμως η πιθανότητα να ενεργοποιηθεί ο ιός και να αρχίσει να πολλαπλασιάζεται. Οι καινούριοι ιοί που προκύπτουν μολύνουν άλλα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα. Από τη στιγμή της μόλυνσης του οργανισμού από τον ιό μέχρι τη διάγνωση της νόσου (με την ανίχνευση του ιού στο αίμα) απαιτείται αρκετό χρονικό διάστημα, που μπορεί να έχει διάρκεια από 6 εβδομάδες έως 6 μήνες. Στο διάστημα αυτό το άτομο εμφανίζει λοιμώξεις, οι οποίες γρήγορα παρέρχονται και δεν οδηγούν στην υποψία για την ύπαρξη της συγκεκριμένης νόσου. Το άτομο όμως μπορεί να μεταδίδει τον ιό χωρίς να το γνωρίζει.



Εικόνα 1.34: Έξοδος ιού HIV από κύτταρο

Εικόνα 1.35: Βοηθητικό Τ-λεμφοκύτταρο μολυσμένο με τον ιό του AIDS (σε πράσινο χρώμα)

Μετά από αρκετά χρόνια (συνήθως 7 έως 10), διάστημα κατά το οποίο το ανοσοβιολογικό σύστημα ενεργοποιείται από πολλά αντιγόνα, εκδηλώνεται η τυπική συμπτωματολογία της ασθένειας (υψηλός πυρετός, έντονες λοιμώξεις, διάρροιες). Κατά το χρονικό αυτό διάστημα ο ιός μολύνει και καταστρέφει όλο και περισσότερα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, με αποτέλεσμα να εξασθενεί η λειτουργία του ανοσοβιολογικού συστήματος. Με την πάροδο του χρόνου τα συμπτώματα αυτά γίνονται εντονότερα και το άτομο οδηγείται τελικά στο θάνατο.

Αντιμετώπιση της ασθένειας: Δυστυχώς, μέχρι σήμερα, η επιστήμη δε διαθέτει κατάλληλα και αποτελεσματικά μέσα αντιμετώπισης του HIV. Η ικανότητα του ιού να μεταλλάσσεται με ταχύτατους ρυθμούς καθιστά αδύνατη την αντιμετώπισή του από το ανοσοβιολογικό σύστημα και δυσκολεύει τη θεραπεία της νόσου. Η επιτυχία μιας θεραπευτικής προσπάθειας εξαρτάται από την έγκαιρη διάγνωση της νόσου.

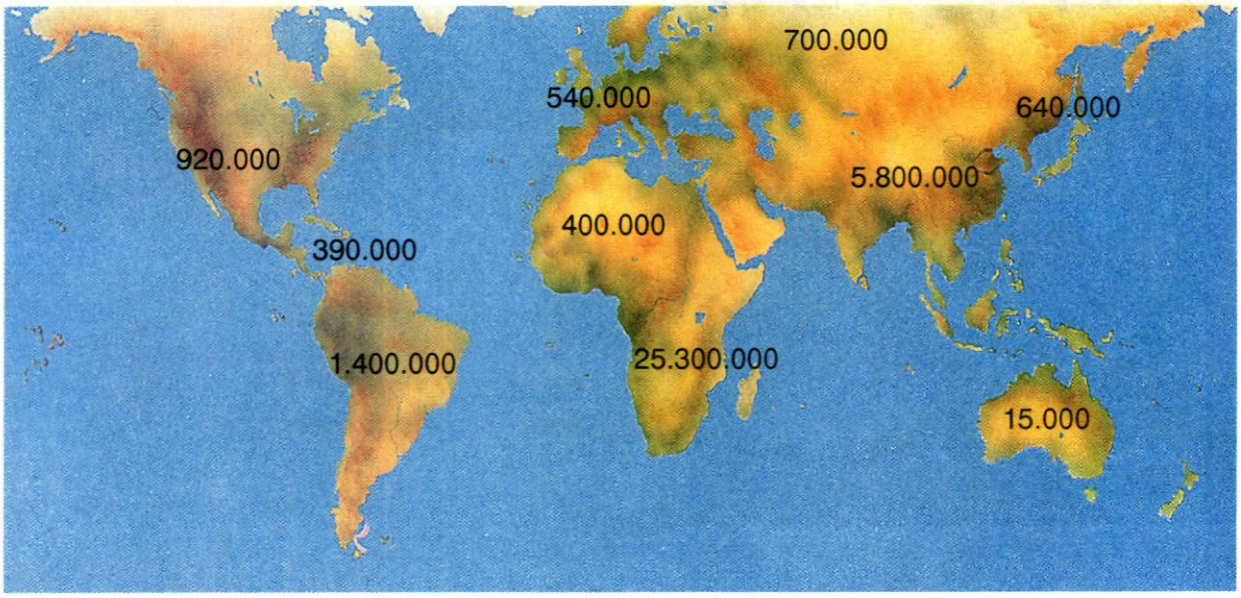
Υπάρχουν φάρμακα, όπως το AZT και το DCC, που παρεμποδίζουν την αντίστροφη μεταγραφή. Τα φάρμακα αυτά ωστόσο έχουν σοβαρές παρενέργειες και θα πρέπει να χορηγούνται από ειδικούς γιατρούς και σε εξειδικευμένα ιατρικά κέντρα. Παράλληλα, η φαρμακευτική αντιμετώπιση ευκαιριακών λοιμώξεων από παθογόνους μικροοργανισμούς έχει επιμηκύνει αρκετά το χρόνο επιβίωσης των ασθενών με AIDS.

Η παρασκευή εμβολίου βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, εξαιτίας προβλημάτων που οφείλονται στην πολυμορφικότητα που παρουσιάζει ο ιός με την ικανότητα που έχει να μεταλλάσσεται.

Εκεί όμως που η επιστήμη δεν μπορεί να επέμβει καταλυτικά, προσφέροντας αποτελεσματικά φάρμακα, μπορεί να έχει σωτήρια αποτελέσματα η ενημέρωση. Τόσο η πολιτεία όσο και τα μέσα μαζικής επικοινωνίας, με συνεχή ενημέρωση, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια που γίνεται για τον περιορισμό της μετάδοσης της νόσου.

Εικόνα 1.36: Κόκκινος φιόγκος, το σύμβολο της μάχης κατά της ασθένειας

Κοινωνικό πρόβλημα: Το AIDS, εκτός από ιατρικό πρόβλημα, εξελίσσεται παγκοσμίως σε κοινωνική μάστιγα. Τα ποσοστά κρουσμάτων της ασθένειας αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής η νόσος έχει πάρει τη μορφή πανδημίας. Γι' αυτό το λόγο η διεθνής κοινότητα, οι διεθνείς οργανισμοί και τα οικονομικώς αναπτυγμένα κράτη πρέπει να χρηματοδοτήσουν σχετικά ερευνητικά προγράμματα. Αισιοδοξούμε ότι η ανθρωπότητα, με την πρόοδο της τεχνολογίας και την αξιοποίησή της στον τομέα της βιολογικής έρευνας, θα αντιμετωπίσει τελικά και αυτό το πρόβλημα.



Εικόνα 1.37: Κατανομή κρουσμάτων AIDS σε όλο τον κόσμο (δεδομένα 2001)

Οι ευκαιριακές λοιμώξεις είναι η κύρια αιτία θανάτου των ασθενών με AIDS

1. Πνευμονία
2. Μυκητιάσεις του κατώτερου αναπνευστικού
3. Λοίμωξη από κυτταρομεγαλοϊό
4. Φυματίωση
5. Τοξόπλασμα στον εγκέφαλο
6. Έρπητας
7. Καντιντίαση στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα

«Το AIDS μεταδίδεται κυρίως μεταξύ των ομοφυλοφίλων και των χρηστών ναρκωτικών. Αν δεν ανήκω σ' αυτές τις ομάδες, δε διατρέχω κίνδυνο».

Η αντίληψη αυτή είναι επικίνδυνη για την υγεία και για τη ζωή σου. Οι στατιστικές δείχνουν ότι το AIDS μεταδίδεται κυρίως με τη σεξουαλική επαφή. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.) ισχυρίζεται ότι μετά το 2000 η πλειονότητα των ασθενών με AIDS θα προέρχεται από ετερόφυλη σεξουαλική επαφή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξασθένηση της λειτουργίας του ανοσοβιολογικού συστήματος του ανθρώπινου οργανισμού ονομάζεται ανοσολογική ανεπάρκεια και συνήθως είναι επίκτητη. Το Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας (Acquired Immune Deficiency Syndrome: AIDS) οφείλεται στον ιό HIV (Human Immunodeficiency Virus).

Ο HIV προσβάλλει κυρίως τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, καθώς και άλλα είδη κυττάρων, όπως είναι τα κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα. Ο ιός ανιχνεύεται κυρίως στο αίμα, στο σπέρμα, στις κολπικές εκκρίσεις, στο σάλιο, στα δάκρυα, στον ιδρώτα, στο μητρικό γάλα, στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό κ.α. Στα τρία πρώτα, δηλαδή στο αίμα, στο σπέρμα και στις κολπικές εκκρίσεις, βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Για το λόγο αυτό ο ιός μεταδίδεται κυρίως από το αίμα και το σπέρμα.

Η διάγνωση της νόσου γίνεται είτε με την ανίχνευση του RNA του ιού είτε με την ανίχνευση των ειδικών για τον ιό αντισωμάτων στο αίμα του ασθενούς. Αυτό είναι δυνατό να γίνει, αφού περάσουν 6 εβδομάδες με 6 μήνες μετά την είσοδο του ιού στον οργανισμό.

Ο ιός μολύνει και καταστρέφει τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα και μειώνει την αποτελεσματικότητα του ανοσοβιολογικού συστήματος, με συνέπεια ο οργανισμός να είναι εκτεθειμένος σε παθογόνα μικρόβια και να γίνεται ευάλωτος στην ανάπτυξη καρκίνου. Τελικά το άτομο οδηγείται στο θάνατο συνήθως από ευκαιριακές λοιμώξεις ή από καρκίνο.

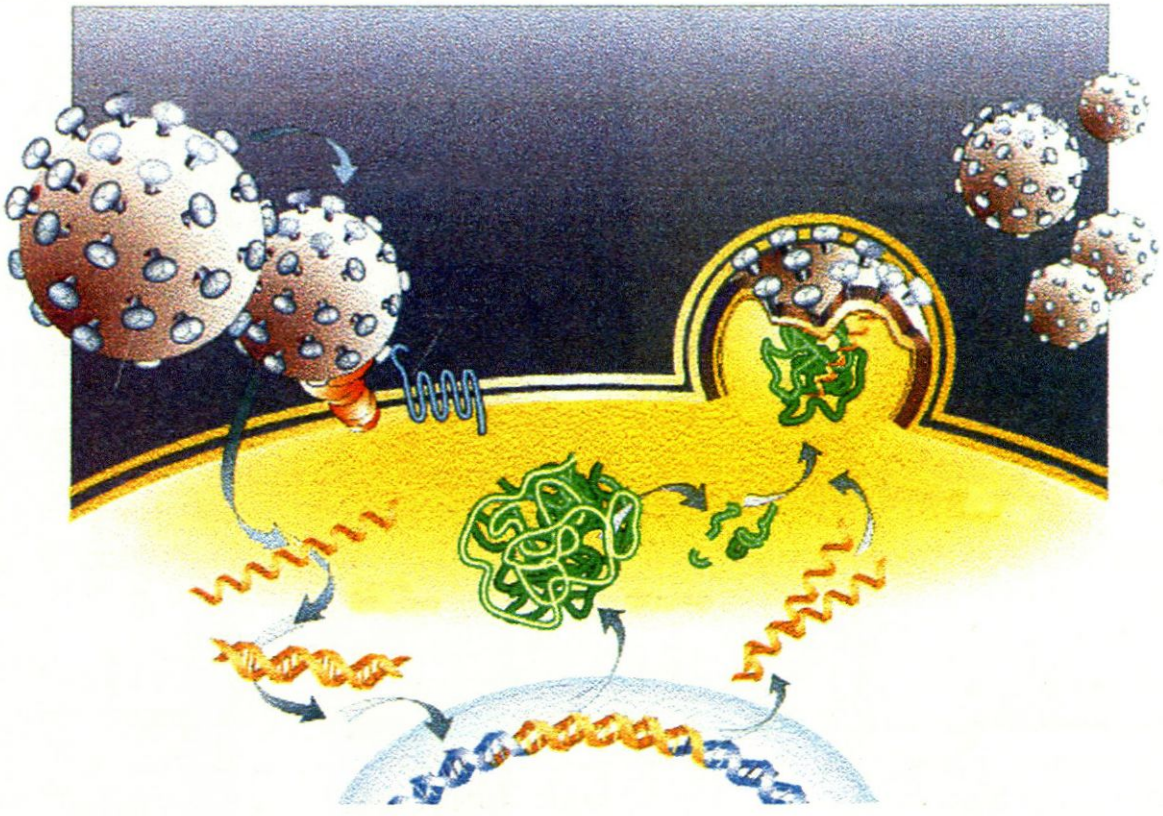
Δυστυχώς, μέχρι σήμερα, η επιστήμη δε διαθέτει κατάλληλα και αποτελεσματικά μέσα αντιμετώπισης του HIV. Η ικανότητα του ιού να μεταλλάσσεται με ταχύτατους ρυθμούς καθιστά αδύνατη την αντιμετώπισή του από το ανοσοβιολογικό σύστημα και δυσκολεύει τη θεραπεία της νόσου. Η επιτυχία μιας θεραπευτικής προσπάθειας εξαρτάται από την έγκαιρη διάγνωση της νόσου. Τα φάρμακα που χορηγούνται στον ασθενή είναι αυτά που τον προστατεύουν από ευκαιριακές λοιμώξεις, καθώς και αυτά που καθυστερούν την ανάπτυξη του ιού, όπως είναι το AZT και το DCC.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

AIDS
HIV
Ανοσοανεπάρκεια
Βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα
Φορέας
AZT
DCC

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Να περιγράψετε τον τρόπο πολλαπλασιασμού του ιού HIV με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος.



2. Ποιος πιστεύετε ότι είναι ο λόγος που δυσκολεύει τους επιστήμονες να παραγάγουν ένα εμβόλιο για τον ιό του AIDS;

3. Να αναφέρετε τα στάδια εξέλιξης της νόσου από τη στιγμή που ένα άτομο προσβληθεί από τον ιό HIV.

4. Με ποιες μεθόδους μπορεί να γίνει η διάγνωση του AIDS;

Ιατρικοί πάπυροι του 1600 π.Χ. από την αρχαία Αίγυπτο περιέχουν περιγραφές κακοηθειών. Χίλια διακόσια χρόνια αργότερα, το 400 π.Χ., ο Ιπποκράτης χρησιμοποίησε τον όρο «καρκίνωμα», από τη λέξη «καρκίνος» (κάβουρας), για τους κακοήθεις όγκους. Ο Γαληνός, άλλος διάσημος γιατρός της αρχαιότητας, διάλεξε τον καρκίνο (κάβουρα) ως σύμβολο της ασθένειας λόγω της ομοιότητας των αποφύσεων ενός όγκου του μαστού με τα πόδια του κάβουρα.

1.4 ΚΑΡΚΙΝΟΣ

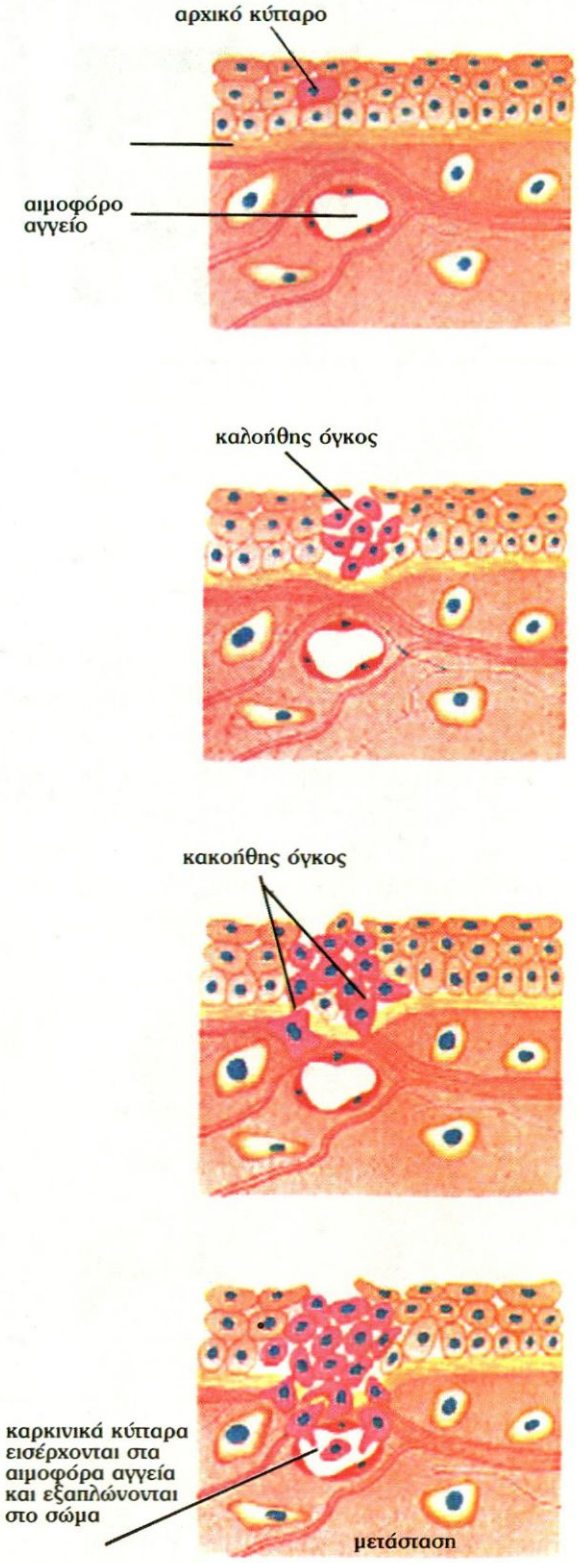
Ο καρκίνος είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που παρατηρούνται σήμερα στις αναπτυγμένες χώρες. Οι στατιστικές δείχνουν ότι αποτελεί τη δεύτερη πιο συχνή αιτία θανάτου μετά τις καρδιοπάθειες. Συνήθως προσβάλλει ανθρώπους μεγάλης ηλικίας, υπάρχουν όμως και μορφές καρκίνου που εμφανίζονται σε νεαρής ηλικίας άτομα, ακόμη και σε παιδιά.

Ο όρος «καρκίνος» δεν αποδίδεται σε μία και μόνη ασθένεια, αλλά σε μια ομάδα ασθενειών που χαρακτηρίζονται από τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων.

Τα κύτταρα στο σώμα μας αυξάνονται, διαιρούνται και πεθαίνουν με έναν αυστηρά ελεγχόμενο τρόπο. Στα πρώτα χρόνια της ζωής, και μέχρι την ενηλικίωση του ατόμου, ο ρυθμός διαίρεσης των κυττάρων του ανθρώπινου οργανισμού είναι έντονος. Στη συνέχεια τα κύτταρα διαιρούνται μόνο για να αντικαταστήσουν άλλα που έχουν φθαρεί ή πεθάνει.

Τα καρκινικά κύτταρα διαφέρουν από τα φυσιολογικά κύτταρα, διότι συνεχίζουν να διαιρούνται ανεξέλεγκτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας μάζας κυττάρων, που ονομάζεται **όγκος**. Οι όγκοι είναι καλοήθεις ή κακοήθεις. Οι καλοήθεις όγκοι, των οποίων τα κύτταρα περιβάλλονται από συνδετικό ιστό, δεν είναι επεκτατικοί, δηλαδή δεν εισβάλλουν στους γύρω ιστούς και δεν εξαπλώνονται σε άλλα σημεία του σώματος. Γενικά, δεν προκαλούν σοβαρή βλάβη στο σώμα, εκτός εάν λόγω του μεγέθους τους ασκούν πίεση σε ζωτικά όργανα. Αντίθετα, στους κακοήθεις όγκους τα κύτταρα εμφανίζουν διαφορετική μορφολογία σε σχέση με τα φυσιολογικά, εισβάλλουν στους γειτονικούς ιστούς, ενώ μέσω της κυκλοφορίας του αίματος ή της λέμφου είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε άλλα σημεία του σώματος και να σχηματίσουν δευτερογενείς όγκους, φαινόμενο που ονομάζεται **μετάσταση**. Οι καρκίνοι του αίματος ονομάζονται λευχαιμίες.

Εικόνα 1.38: Συχνότητα διάφορων τύπων καρκίνου στα δύο φύλα (στο σύνολο των περιστατικών καρκίνου, δεδομένα Η.Π.Α. 2002)



Εικόνα 1.39: Στάδια ανάπτυξης καρκίνου

Τα προβλήματα υγείας που προκαλούνται στο άτομο εξαρτώνται από το μέγεθος του όγκου, από τη θέση του στο σώμα, από το στάδιο ανάπτυξής του, από το αν έχει εισβάλει στους γειτονικούς ιστούς και σε ποια έκταση και από το αν έχει υπάρξει μετάσταση. Κάθε καρκίνος (π.χ. καρκίνος του πνεύμονα, της μήτρας, του προστάτη κτλ.) έχει διαφορετικά συμπτώματα, διαφορετική εξέλιξη και επομένως αποτελεί διαφορετική ασθένεια.

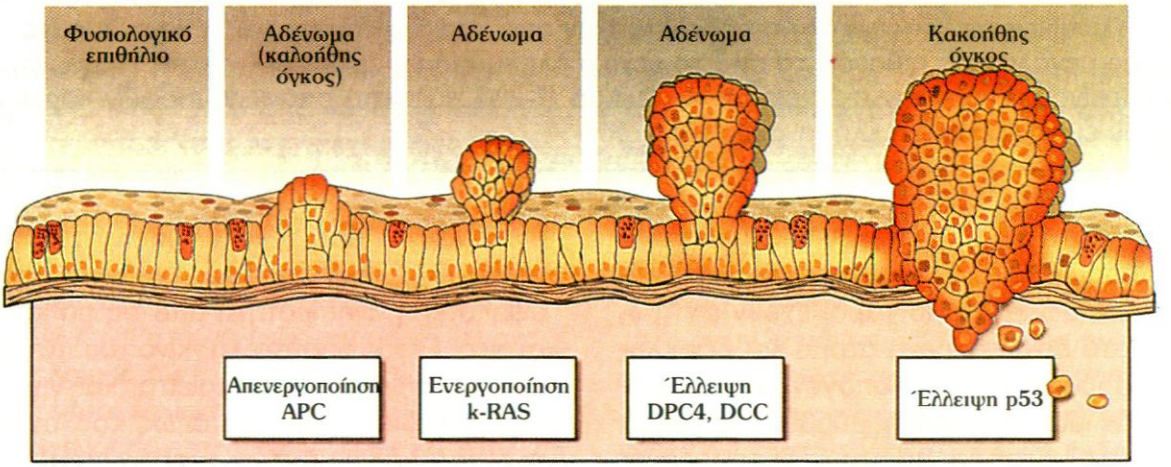
Αίτια του καρκίνου

Ο καρκίνος είναι μια πολυσταδιακή και πολυπαραγοντική ασθένεια. Τα αίτια που τον προκαλούν έχουν αναζητηθεί:

- σε μολυσματικούς παράγοντες, όπως είναι οι ιοί,
- σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι οι διάφορες ακτινοβολίες και χημικές ενώσεις,
- στον τρόπο ζωής που επιλέγουμε (κάπνισμα, κατάχρηση αλκοόλ, διατροφικές συνήθειες),
- στις αλλαγές του γενετικού υλικού (μεταλλάξεις).

Όλοι αυτοί οι παράγοντες, δρώντας ταυτόχρονα ή σωρευτικά, οδηγούν μακροπρόθεσμα στην εμφάνιση του καρκίνου.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η έρευνα στη Μοριακή Βιολογία έχει προσανατολιστεί στη μελέτη των γονιδίων των καρκινικών κυττάρων και έχει πράγματι εντοπίσει δύο κατηγορίες γονιδίων, τα **ογκογονίδια** και τα **ογκοκατασταλτικά** γονίδια, που παίζουν ρόλο στην καρκινογένεση. Τα ογκογονίδια ανακαλύφθηκαν αρχικά σε διάφορους ιούς οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν, στο εργαστήριο, φυσιολογικά κύτταρα σε καρκινικά. Παρόμοια όμως γονίδια βρέθηκαν στη συνέχεια και στα φυσιολογικά κύτταρα και ονομάστηκαν **πρωτοογκογονίδια**. Τα γονίδια αυτά ρυθμίζουν



Εικόνα 1.40: Γονιδιακές μεταλλάξεις στον καρκίνο του παχέος εντέρου (k-RAS: ογκογονίδιο. APC, DCC, p53: ογκοκατασταλτικά γονίδια)

τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των κυττάρων σε φυσιολογικές συνθήκες. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, γονιδιακές μεταλλάξεις ή χρωμοσωμικές ανωμαλίες είναι δυνατόν να μετατρέψουν τα γονίδια αυτά σε ογκογονίδια, με συνέπεια την εμφάνιση καρκίνου.

Τα ογκοκατασταλτικά γονίδια, όπως δηλώνει το όνομά τους, καταστέλλουν την ανάπτυξη όγκων ρυθμίζοντας τη δράση των πρωτοογκογονιδίων που ελέγχουν τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων. Η απενεργοποίησή τους με γονιδιακή μετάλλαξη ή χρωμοσωμική ανωμαλία έχει ως συνέπεια τον ανεξέλεγκτο κυτταρικό πολλαπλασιασμό. Η μελέτη των ογκοκατασταλτικών γονιδίων και των προϊόντων τους μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένες μεθόδους θεραπευτικής αντιμετώπισης του καρκίνου.

Ρόλο στην καρκινογένεση παίζει επίσης και η απενεργοποίηση των γονιδίων που ελέγχουν την παραγωγή επιδιορθωτικών ενζύμων. Τα επιδιορθωτικά ένζυμα διορθώνουν λάθη που προκαλούνται είτε από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η ακτινοβολία, είτε από τυχαία σφάλματα κατά την αντιγραφή του DNA.

Η εμφάνιση του καρκίνου οφείλεται στη συσσώρευση μεταλλάξεων στα παραπάνω γονίδια κατά τη διάρκεια της ζωής του ατόμου. Στην περίπτωση του καρκίνου του παχέος εντέρου οι ερευνητές, μελετώντας τα διαφορετικά στάδια εξέλιξής του, εντόπισαν μεταλλάξεις σε 5 διαφορετικά γονίδια. Μία ή δύο μεταλλάξεις φαίνεται ότι είναι αρκετές για την ανάπτυξη ενός καλοήθους όγκου, ενώ για την ανάπτυξη ενός κακοήθους όγκου υπολογίζεται ότι απαιτούνται πάνω από 5 μεταλλάξεις.

Το γεγονός ότι τα καρκινικά κύτταρα διαθέτουν μεταλλαγμένα γονίδια δε σημαίνει

Εικόνα 1.41: Καρκίνος του πνεύμονα. Τα βέλη δείχνουν τους κακοήθεις όγκους.

Γυναίκες των οποίων οι μητέρες έπασχαν από καρκίνο του μαστού έχουν δύο φορές μεγαλύτερη πιθανότητα από το γενικό πληθυσμό να εμφανίσουν αυτή τη μορφή καρκίνου. Υπάρχουν στοιχεία ότι ένα μικρό (1-2%) ποσοστό σπάνιων μορφών καρκίνου εμφανίζει σαφή κληρονομικότητα.

απαραίτητα ότι ο καρκίνος είναι κληρονομικό νόσημα. Οι μεταλλάξεις αυτές συμβαίνουν σε σωματικά κύτταρα, έχουν επιπτώσεις στο συγκεκριμένο άτομο και δεν κληρονομούνται από τους απογόνους του. Μόνο εάν μια μετάλλαξη συμβεί στα άωρα γεννητικά κύτταρα, από τα οποία προέρχονται οι γαμέτες, υπάρχει η πιθανότητα να κληρονομηθεί από τους γονείς στους απογόνους, οι οποίοι θα πρέπει να υποστούν και άλλες μεταλλάξεις κατά τη διάρκεια της ζωής τους για να εκδηλώσουν καρκίνο. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για γενετική προδιάθεση των ατόμων μιας οικογένειας σε κάποιο είδος καρκίνου ή, με άλλα λόγια, για αυξημένη πιθανότητα να πάθουν τα άτομα αυτά καρκίνο σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό.

Οποιοσδήποτε παράγοντας προκαλεί μεταλλάξεις μπορεί δυνητικά να προκαλέσει καρκίνο, είναι δηλαδή **καρκινογόνος παράγων**. Ο ιός Epstein - Barr, ο ιός της ηπατίτιδας Β και οι ιοί των θηλωμάτων έχουν συνδεθεί με την εμφάνιση καρκίνου στον άνθρωπο. Από περιπτώσεις όπως το ατύχημα του Τσέρνομπιλ και τη ρίψη της ατομικής βόμβας στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι έχει φανεί ότι η έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές δόσεις ραδιενέργειας συνδέεται με την ανάπτυξη του καρκίνου. Παρόμοια δεδομένα υπάρχουν και από την έκθεση του ανθρώπου σε διάφορες χημικές ουσίες στον εργασιακό χώρο. Η μόνη περίπτωση στην οποία η συσχέτιση ανάμεσα σε περιβαλλοντικό παράγοντα και τον καρκίνο δεν αμφισβητείται είναι το κάπνισμα. Το κάπνισμα ευθύνεται για το 87% των καρκίνων του πνεύμονα και για το 30% όλων των θανάτων από καρκίνο παγκοσμίως. Οι άνδρες που καπνίζουν έχουν 22 φορές υψηλότερη θνησιμότητα από τους μη καπνιστές, ενώ οι γυναίκες που καπνίζουν έχουν 12 φορές υψηλότερη θνησιμότητα από τις μη καπνίστριες. Εκτός από τον καρκίνο του πνεύμονα, το κάπνισμα ενοχοποιείται και για άλλους τύπους καρκίνου, όπως του στόματος, του λάρυγγα, των νεφρών, του οισοφάγου, του παγκρέατος.

Θεραπευτική αντιμετώπιση

Υπάρχουν τέσσερις γενικοί τρόποι αντιμετώπισης του καρκίνου, η **χειρουργική επέμβαση**, η **ακτινοθεραπεία**, η **χημειοθεραπεία** και η **ανοσοθεραπεία**, ενώ μελετώνται πειραματικά αρκετές άλλες θεραπείες και εμβόλια.

Η χειρουργική επέμβαση χρησιμοποιείται για να αφαιρεθεί ο καρκινικός όγκος (μαζί με περιβάλλοντες ιστούς που είναι πιθανόν να περιέχουν καρκινικά κύτταρα) είτε για την πλήρη θεραπεία του καρκίνου είτε για την ανακούφιση των συμπτωμάτων του. Μπορεί να συνδυαστεί με ακτινοθεραπεία ή χημειοθεραπεία, πριν ή μετά τη χειρουργική επέμβαση.

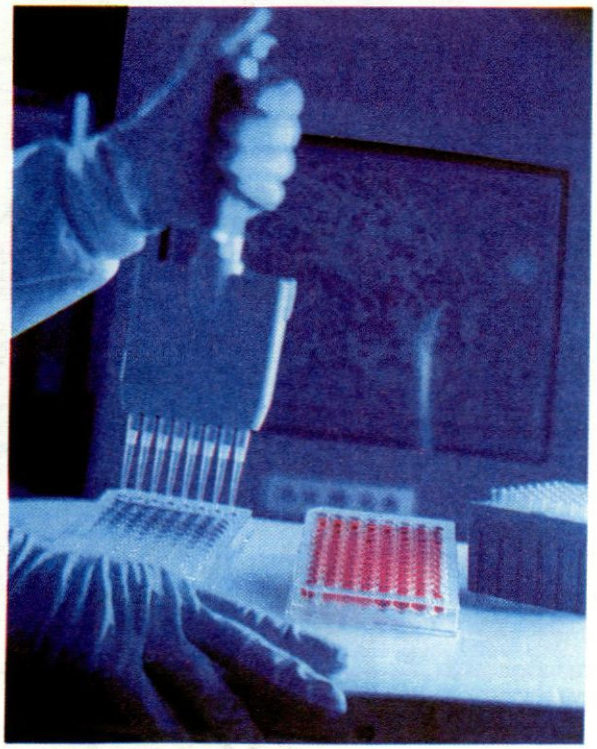
Η ακτινοθεραπεία χρησιμοποιείται για να καταστρέψει τα καρκινικά κύτταρα του όγκου, ενώ η χημειοθεραπεία χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση των καρκινικών κυττάρων στην περίπτωση που έχει ήδη γίνει μετάσταση.

Ισχυρά φάρμακα, τοξικά για τα διαιρούμενα κύτταρα, μπορούν να φτάσουν μέσω της κυκλοφορίας του αίματος σε όλα τα σημεία του σώματος και να καταστρέψουν τα καρκινικά κύτταρα. Όμως, εκτός από τα καρκινικά κύτταρα, ενδέχεται να καταστραφούν και υγιή κύτταρα του οργανισμού που

βρίσκονται σε φάση διαίρεσης, όπως είναι για παράδειγμα τα κύτταρα του επιθηλίου του εντέρου, τα κύτταρα του αίματος, του δέρματος κτλ. Γι' αυτό το λόγο η χημειοθεραπεία μπορεί να έχει παρενέργειες, όπως απώλεια μαλλιών, ναυτία, εμετό, αίσθημα κόπωσης, οι οποίες όμως παρέρχονται μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας.

Στην ανοσοθεραπεία η προσπάθεια επικεντρώνεται στο να ενεργοποιηθεί το ανοσοβιολογικό σύστημα του οργανισμού (και ειδικότερα τα κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα) εναντίον των καρκινικών κυττάρων. Γίνονται επίσης προσπάθειες για τη δημιουργία εμβολίων για συγκεκριμένους τύπους καρκίνου. Στις Η.Π.Α. και στον Καναδά κυκλοφορεί ήδη ένα εμβόλιο κατά του κακοήθους μελανώματος, ενός τύπου καρκίνου του δέρματος.

Σήμερα εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο ή έχουν πλήρως θεραπευτεί από τον καρκίνο ή επιβιώνουν με κάποια θεραπεία. Σε κάθε περίπτωση, όσο πιο γρήγορα εντοπιστεί ο καρκίνος, τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες αντιμετώπισής του και επιβίωσης του ατόμου. Επομένως η έγκαιρη διάγνωση είναι ένα ισχυρό όπλο στη μάχη κατά του καρκίνου.



Εικόνα 1.42: Οι ερευνητές προσπαθούν να δημιουργήσουν εμβόλια για τον καρκίνο.

Πρόληψη

Παρά τις εντατικές προσπάθειες των επιστημόνων, η μάχη με τον καρκίνο συνεχίζεται. Η πρόσφατη αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος θα οδηγήσει ενδεχομένως στην ανακάλυψη και άλλων γονιδίων που ενέχονται στην καρκινογένεση, ίσως μάλιστα να αποκαλύψει και τα αίτια της διαφορετικής ευπάθειας που έχουν οι άνθρωποι απέναντι στη νόσο. Ανοικτή είναι επίσης η προοπτική της γονιδιακής θεραπείας, ενώ ελπιδοφόρα παραμένει και η προοπτική δημιουργίας εμβολίων για συγκεκριμένες μορφές καρκίνου.

Ιδιαίτερη σημασία όμως στην αντιμετώπιση του καρκίνου έχει η πρόληψη. Αλλαγές στον τρόπο ζωής μας, όπως είναι η αποφυγή ή η διακοπή του καπνίσματος, η σωματική άσκηση, η υγιεινή διατροφή, η αποφυγή της άσκοπης έκθεσης στον ήλιο, θα βοηθήσουν να μειώσουμε την πιθανότητα να πάθουμε καρκίνο.

Για κάποιες μορφές καρκίνου υπάρχουν τεστ ελέγχου, όπως είναι για παράδειγμα η μαστογραφία για τον καρκίνο του στήθους, το τεστ Παπανικολάου για τον καρκίνο του τραχήλου της μήτρας, η αιματολογική εξέταση PSA για τον καρκίνο του

Εικόνα 1.43: Καρκίνος του μαστού

προστάτη, τα οποία, όταν επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, επιτρέπουν την έγκαιρη διάγνωση. Η ενημέρωση του πληθυσμού για όλα αυτά τα θέματα είναι ιδιαίτερα σημαντική.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΝΤΙΚΑΡΚΙΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

Εικόνα 1.44: Ιδιαίτερη σημασία στην αντιμετώπιση του καρκίνου έχει η πρόληψη.

Σκεφτείτε...

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Αμερικανικής Εταιρείας για τον Καρκίνο, το 77% όλων των περιστατικών καρκίνου εμφανίζεται μετά την ηλικία των 55 ετών. Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;

Πίνακας 1.4: Ενδείξεις για την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου

1. Ασυνήθιστες αιμορραγίες ή εκκρίσεις.
2. Διόγκωση του μαστού ή εμφάνιση εξογκώματος.
3. Πληγή που δε θεραπεύεται.
4. Αλλαγές στην αφόδευση ή στην ούρηση.
5. Επίμονη βραχνάδα ή βήχας.
6. Επίμονη δυσπεψία ή δυσκολία στην κατάποση.
7. Αλλαγή σε μια ελιά.

Γιώργος Παπανικολάου

Γεννήθηκε το 1883 στην Κύμη, σπούδασε Ιατρική στο Πανεπιστήμιο Αθηνών και έκανε μεταπτυχιακές σπουδές στη Γερμανία. Το 1913 πήγε στις Η.Π.Α., όπου ανέπτυξε το επιστημονικό του έργο στο Πανεπιστήμιο Κορνέλ της Νέας Υόρκης μελετώντας το κολπικό επίχρισμα των θηλαστικών. Οι έρευνές του επεκτάθηκαν σε καρκινοπαθείς και θεμελιώθηκε η μέθοδος έγκαιρης διάγνωσης του καρκίνου του τραχήλου της μήτρας που φέρει το όνομά του, γνωστή διεθνώς ως Pap-test. Προτάθηκε για το Βραβείο Νόμπελ και πήρε πολλά αμερικανικά βραβεία. Πέθανε το 1962 στο Μαϊάμι των Η.Π.Α. Ο έλεγχος των γυναικών με το τεστ Παπανικολάου μπορεί να επιτύχει την πρόληψη του καρκίνου του τραχήλου σχεδόν 100%.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο καρκίνος είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που παρατηρούνται σήμερα στις αναπτυγμένες χώρες. Οι στατιστικές δείχνουν ότι αποτελεί τη δεύτερη πιο συχνή αιτία θανάτου μετά τις καρδιοπάθειες. Συνήθως εμφανίζεται σε ανθρώπους μεγάλης ηλικίας, υπάρχουν όμως και καρκίνοι χαρακτηριστικοί της παιδικής ηλικίας.

Ο καρκίνος έχει ως γνώρισμα τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων χωρίς αυτά να διαφοροποιούνται. Τα καρκινικά κύτταρα διαφέρουν από τα φυσιολογικά κύτταρα, διότι συνεχίζουν να διαιρούνται ανεξέλεγκτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας μάζας κυττάρων, που ονομάζεται όγκος. Οι όγκοι είναι καλοήθεις ή κακοήθεις. Οι καλοήθεις όγκοι, των οποίων τα κύτταρα περιβάλλονται από συνδετικό ιστό, δεν είναι επεκτατικοί, δηλαδή δεν εισβάλλουν στους γύρω ιστούς και δεν εξαπλώνονται σε άλλα σημεία του σώματος. Γενικά, δεν προκαλούν σοβαρή βλάβη στο σώμα, εκτός εάν λόγω του μεγέθους τους ασκούν πίεση σε ζωτικά όργανα. Αντίθετα, στους κακοήθεις όγκους τα κύτταρα εμφανίζουν διαφορετική μορφολογία σε σχέση με τα φυσιολογικά, εισβάλλουν στους γειτονικούς ιστούς, ενώ μέσω της κυκλοφορίας του αίματος ή της λέμφου είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε άλλα σημεία του σώματος και να σχηματίσουν δευτερογενείς όγκους, φαινόμενο που ονομάζεται μετάσταση.

Ο καρκίνος είναι μια πολυσταδιακή και πολυπαραγοντική ασθένεια. Τα αίτια του καρκίνου έχουν αναζητηθεί σε μολυσματικούς παράγοντες, σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, στον τρόπο ζωής και στις μεταλλάξεις.

Έχουν βρεθεί δύο κατηγορίες γονιδίων, τα ογκογονίδια και τα ογκοκατασταλτικά γονίδια, που παίζουν ρόλο στην καρκινογένεση. Τα ογκογονίδια προέρχονται από μεταλλάξεις γονιδίων που υπάρχουν στα φυσιολογικά κύτταρα και ονομάζονται πρωτοογκογονίδια. Τα γονίδια αυτά ρυθμίζουν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό σε φυσιολογικές συνθήκες. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, γονιδιακές μεταλλάξεις ή χρωμοσωμικές ανωμαλίες είναι δυνατόν να μετατρέψουν τα γονίδια αυτά σε ογκογονίδια, με συνέπεια την εμφάνιση καρκίνου. Τα ογκοκατασταλτικά γονίδια καταστέλλουν την ανάπτυξη όγκων, ελέγχοντας τη δράση των γονιδίων που παίζουν ρόλο στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων.

Υπάρχουν τέσσερις γενικοί τρόποι αντιμετώπισης του καρκίνου, η χειρουργική επέμβαση, η ακτινοθεραπεία, η χημειοθεραπεία και η ανοσοθεραπεία. Η αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος θα οδηγήσει ενδεχομένως στην ανακάλυψη και άλλων γονιδίων που ενέχονται στην καρκινογένεση, ίσως μάλιστα να αποκαλύψει και τα αίτια της διαφορετικής προδιάθεσης των ατόμων στη νόσο. Επίσης είναι ελπιδοφόρα η προοπτική της γονιδιακής θεραπείας και της δημιουργίας εμβολίων για συγκεκριμένες μορφές καρκίνου. Ιδιαίτερη σημασία όμως στην αντιμετώπιση του καρκίνου έχει η πρόληψη. Αλλαγές στον τρόπο ζωής μας, όπως είναι η αποφυγή ή η διακοπή του καπνίσματος, η σωματική άσκηση, η υγιεινή διατροφή, η αποφυγή της άσκοπης έκθεσης στον ήλιο, θα βοηθήσουν να μειώσουμε την πιθανότητα να πάθουμε καρκίνο.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Όγκος	Πρωτοογκογονίδια
Καλοήθεις όγκοι	Ογκογονίδια
Κακοήθεις όγκοι	Ογκοκατασταλτικά γονίδια
Μετάσταση	Χειρουργική επέμβαση
Περιβαλλοντικοί παράγοντες	Χημειοθεραπεία
Μολυσματικοί παράγοντες	Ακτινοθεραπεία
Καρκινογόνοι παράγοντες	Ανοσοθεραπεία
Μεταλλάξεις	Μαστογραφία

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ποιες διαφορές υπάρχουν ανάμεσα σε έναν κακοήθη και σε έναν καλοήθη όγκο;
2. Ποια είναι τα αίτια της εμφάνισης του καρκίνου;
3. Ποιος είναι ο ρόλος των ογκογονιδίων και των ογκοκατασταλτικών γονιδίων στην καρκινογένεση;
4. «Το γεγονός ότι τα καρκινικά κύτταρα διαθέτουν μεταλλαγμένα γονίδια δε σημαίνει απαραίτητα ότι ο καρκίνος είναι κληρονομικό νόσημα». Να σχολιάσετε την παραπάνω πρόταση.
5. Ποια θεραπευτική μέθοδος ακολουθείται στην περίπτωση που ένας καρκίνος έχει κάνει μετάσταση; Ποιες είναι οι παρενέργειες αυτής της μεθόδου;

1.5 ΟΥΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΘΙΣΜΟ

Μερικές από τις ουσίες που καταναλώνει ο άνθρωπος προκαλούν **εθισμό**, δηλαδή μεταβάλλουν τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων του, ώστε να μην μπορούν πλέον αυτά να λειτουργήσουν χωρίς τη συνεχή λήψη των ουσιών αυτών.

Ουσίες όπως το αλκοόλ, η νικοτίνη και τα ναρκωτικά προκαλούν συνήθως **ανοχή**, απαιτούν δηλαδή από το χρήστη τη λήψη ολοένα και μεγαλύτερων ποσοτήτων και καθίστανται τελικά τόσο πολύ αναγκαίες (εξάρτηση), ώστε να μην μπορεί πλέον ο χρήστης να ζήσει χωρίς αυτές.

Η **εξάρτηση** διακρίνεται συχνά σε ψυχική και σωματική, αν και η διάκριση αυτή δεν είναι πάντοτε σαφής. Όσον αφορά την ψυχική εξάρτηση, ο χρήστης, όταν δε λαμβάνει την ουσία που του έχει προκαλέσει εθισμό, εκδηλώνει επιθετικότητα ή γίνεται μελαγχολικός, είναι μάλιστα ικανός να φθάσει σε αξιόποινες πράξεις προκειμένου να την αποκτήσει. Όσον αφορά τη σωματική εξάρτηση, ο χρήστης εκδηλώνει όλα τα χαρακτηριστικά της ψυχικής εξάρτησης, σ' αυτά όμως προστίθενται και διάφορα οργανικά συμπτώματα, όπως είναι η ναυτία, η τάση για εμετό, οι σωματικοί πόνοι, η διάρροια κ.ά.

Η απεξάρτηση, η απαλλαγή δηλαδή του ατόμου από την ανάγκη χρήσης της ουσίας που του έχει προκαλέσει εθισμό, δεν είναι εύκολη διαδικασία, καθώς συχνά έχει μεγάλη διάρκεια και είναι επίπονη.

Ναρκωτικά

Τα ναρκωτικά είναι ουσίες που επιδρούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στον ψυχισμό του χρήστη. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η ηρωίνη, η μορφίνη, η μεθαδόνη, η κοκαΐνη, το LSD, η μαριχουάνα κ.ά.

Η μορφίνη και η ηρωίνη είναι προϊόντα του οπίου, το οποίο παράγεται από το φυτό «μήκων η υπνοφόρος» (παπαρούνα). Η παπαρούνα ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγύπτιους, που τη χρησιμοποιούσαν για την καταπολέμηση του πόνου και ως κατευναστικό του νευρικού συστήματος. Το 1800 απομονώθηκε από το όπιο η **μορφίνη**, η οποία χρησιμοποιήθηκε ευρέως μέχρι το 1870, οπότε απαγορεύτηκε η πώλησή της, γιατί στο μεταξύ είχαν διαπιστωθεί οι βλαβερές παρενέργειές της. Αργότερα, με χημική επεξεργασία του οπίου, παρασκευάστηκε η **ηρωίνη**, η οποία, επειδή θεωρήθηκε ουσία χωρίς παρενέργειες, χρησιμοποιήθηκε ως φάρμακο ακόμη και για την αντιμετώπιση του βήχα. Στις αρχές όμως του 20ού αιώνα, όταν είχαν γίνει πλέον αντιληπτές οι καταστρεπτικές συνέπειές της, απαγορεύτηκε η χρήση της.

Εικόνα 1.45: Μήκων η υπνοφόρος

Η **μεθαδόνη** είναι μια ναρκωτική ουσία που έχει παρόμοια δράση με τη μορφίνη. Επειδή χορηγείται από το στόμα και διασπάται στο λεπτό έντερο, έχει βραδύτερη και ηπιότερη δράση από άλλα ναρκωτικά. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται σε προγράμματα απεξάρτησης ναρκομανών, στους οποίους χορηγείται σε σταδιακά μειούμενες δόσεις ως υποκατάστατο της ηρωίνης.

Τα εξαρτημένα από τα ναρκωτικά άτομα δύσκολα μπορούν να σταματήσουν τη λήψη των ουσιών αυτών. Και αν ακόμη το αποφασίσουν, έχουν να αντιμετωπίσουν ένα σύνολο συμπτωμάτων (**στερητικό σύνδρομο**)

που καθιστά την κατάσταση επώδυνη. Στο στερητικό σύνδρομο περιλαμβάνονται συμπτώματα όπως η έντονη διέγερση, η έντονη εφίδρωση, οι μυϊκές συσπάσεις και οι ισχυροί πόνοι σε ολόκληρο το σώμα. Η ένταση των συμπτωμάτων αυτών είναι τόσο μεγάλη, που ο χρήστης συχνά αποθαρρύνεται, σταματά τη διαδικασία απεξάρτησης και επανέρχεται πάλι στη συστηματική χρήση ναρκωτικών.

Πού οφείλεται όμως το γεγονός αυτό; Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα μορφινομανή. Γνωρίζουμε ότι ο οργανισμός του ανθρώπου παράγει ορισμένες ουσίες, τις «φυσιολογικές μορφίνες», που λέγονται **ενδορφίνες** και **εγκεφαλίνες**. Αυτές επιδρούν στα εγκεφαλικά κέντρα και έχουν ως σκοπό την καταστολή των μικρών πόνων και των διεγέρσεων που παρουσιάζονται ανά πάσα στιγμή στον οργανισμό. Αλλιώς η ζωή μας θα ήταν ένα συνεχές μαρτύριο. Όταν ο πόνος είναι πολύ μεγάλος, δεν αρκεί η δράση των ενδορφινών για την καταστολή του και τότε βοηθάμε τον οργανισμό με αναλγητικά φάρμακα.

Η μορφίνη και τα παράγωγά της λειτουργούν όπως οι ενδορφίνες, αλλά έχουν ισχυρότερη δράση. Λαμβάνοντας συνεχώς δόσεις μορφίνης, εκτός των άλλων, αναστέλλουμε τους μηχανισμούς παραγωγής των ενδορφινών, γιατί πλέον οι ουσίες αυτές δε μας χρειάζονται. Κατά συνέπεια, όταν ο μορφινομανής αποφασίσει να αποτοξινωθεί διακόπτοντας τη λήψη ναρκωτικών ουσιών, το σύστημα της παραγωγής ενδορφινών δεν μπορεί πια να ενεργοποιηθεί, με συνέπεια το άτομο να υποφέρει από πόνους και η δραματική αυτή κατάσταση να κάνει πολύ δύσκολη την απεξάρτησή του.

Κατευναστικές ουσίες

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το αλκοόλ, τα βαρβιτουρικά και άλλες ουσίες. Η συχνή χρήση των ουσιών αυτών σε μεγάλες ποσότητες και ακόμη περισσότερο η συνδυασμένη λήψη τους έχουν καταστρεπτικές επιπτώσεις στην υγεία του ατόμου.

Η αιθυλική αλκοόλη (το οινόπνευμα) που περιέχεται στα αλκοολούχα ποτά διαχέεται εύκολα από το γαστρεντερικό σωλήνα στο αίμα και μέσω αυτού σε κάθε όργανο του σώματος. Τα συστήματα του οργανισμού που προσβάλλονται περισσότερο από την υπερβολική και συστηματική χρήση αλκοόλ είναι το νευρομυϊκό, το γαστρεντερικό και το καρδιαγγειακό σύστημα. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα ενός οργάνου σε νερό, τόσο ευκολότερα διαχέεται το οινόπνευμα και τόσο περισσότερο αυξάνεται η συγκέντρωσή του στο όργανο αυτό, με συνέπεια να πλήττεται σοβαρότερα από άλλα όργανα που έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε νερό. Ο εγκέφαλος, για παράδειγμα, που έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, παρουσιάζει την τάση να συγκεντρώνει το οινόπνευμα, ακόμη και αν η ποσότητα που θα καταναλωθεί είναι μικρή. Η ακεταλδεΰδη που παράγεται κατά τον καταβολισμό του οινοπνεύματος προξενεί καταστροφές στα κύτταρα των διάφορων ι-

Εικόνα 1.46: Δε χρειάζεται να γίνει κανείς αλκοολικός, για να προσέχει την ποσότητα του αλκοόλ που καταναλώνει.

στών και επομένως διαταραχές σε όλα σχεδόν τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Οι αλκοολικοί, λόγω της φθοράς των κυττάρων του εγκεφάλου τους, παρουσιάζουν απώλεια μνήμης, φαινόμενα σύγχυσης, παραισθήσεις και ψυχωτική συμπεριφορά.

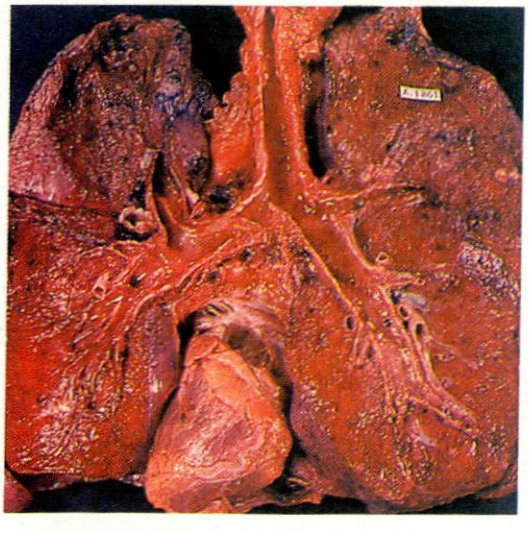
Το πεπτικό σύστημα επιβαρύνεται επίσης, καθώς το οινόπνευμα προκαλεί αύξηση των εκκρίσεων του στομάχου και στη συνέχεια φλεγμονή. Παράλληλα, η υπερβολική κατανάλωση οινοπνεύματος ελαττώνει την ικανότητα του λεπτού εντέρου να απορροφά τις θρεπτικές ουσίες που περιέχονται στην τροφή μας. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι η φθορά του ήπατος, το οποίο, αντί να αποθηκεύει τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες που χρησιμοποιούνται από τα ηπατικά κύτταρα, αποθηκεύει λίπη, με αποτέλεσμα τη διόγκωσή του. Η συνεχιζόμενη κατανάλωση οινοπνεύματος από έναν αλκοολικό καταλήγει συχνά σε εκφυλισμό του ηπατικού ιστού, μια κατάσταση που ονομάζεται κίρρωση του ήπατος, η οποία, αν και δεν περιορίζεται στους αλκοολικούς, παρουσιάζεται ωστόσο σε ποσοστό οκτώ φορές μεγαλύτερο σ' αυτούς παρά στα μη εξαρτημένα από το αλκοόλ άτομα.

Η κατάχρηση του αλκοόλ προκαλεί υπέρταση και έτσι αυξάνει τις πιθανότητες για την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων. Το αλκοόλ όμως συσχετίζεται και με την αύξηση της πιθανότητας να εκδηλωθούν διάφορες μορφές καρκίνου (στομάχου, ήπατος, πνευμόνων), ενώ σε συνδυασμό με τη νικοτίνη ευθύνεται για καρκίνους του λάρυγγα και του οισοφάγου.

Νικοτίνη

Η νικοτίνη είναι μια δραστική ουσία που περιέχεται στον καπνό των τσιγάρων και είναι το ίδιο εθιστική όσο και η κοκαΐνη. Στην επιβλαβή για τον οργανισμό δράση της νικοτίνης περιλαμβάνονται η έντονη σύσπαση των αγγείων, λόγω έκκρισης αδρεναλίνης, η επακόλουθη αύξηση της αρτηριακής πίεσης και η αύξηση της κινητικότητας του γαστρεντερικού σωλήνα.

Οι καπνιστές, εκτός από τους κινδύνους στους οποίους εκτίθενται λόγω της νικοτίνης (αυξημένες πιθανότητες για καρδιαγγειακά νοσήματα και παθήσεις του στομάχου), υπόκεινται στις καταστρεπτικές συνέπειες της πίσσας, ενός από τα πολλά επικίνδυνα προϊόντα που παράγονται κατά την καύση του τσιγάρου. Αποδεδειγμένα πλέον η πίσσα ευθύνεται για την εμφάνιση καρκίνου του πνεύμονα.



Εικόνα 1.47: Πνεύμονας ατόμου που δεν καπνίζει (αριστερά) και ατόμου που καπνίζει (δεξιά).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μερικές από τις ουσίες που καταναλώνει ο άνθρωπος προκαλούν εθισμό, δηλαδή μεταβάλλουν τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων του, ώστε να μην μπορούν πλέον αυτά να λειτουργήσουν χωρίς τη συνεχή λήψη των ουσιών αυτών.

Ουσίες όπως το αλκοόλ, η νικοτίνη και τα ναρκωτικά προκαλούν συνήθως ανοχή, απαιτούν δηλαδή από το χρήστη τη λήψη ολοένα και μεγαλύτερων ποσοτήτων και καθίστανται τελικά τόσο πολύ αναγκαίες (εξάρτηση), ώστε να μην μπορεί πλέον ο χρήστης να ζήσει χωρίς αυτές.

Η εξάρτηση διακρίνεται συχνά σε ψυχική και σωματική, αν και η διάκριση αυτή δεν είναι πάντοτε σαφής.

Τα ναρκωτικά είναι ουσίες οι οποίες επιδρούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Στις ουσίες αυτές ανήκουν η ηρωίνη, η μορφίνη, η μεθαδόνη, η κοκαΐνη, το LSD κ.ά. Τα εξαρτημένα από τα ναρκωτικά άτομα δύσκολα μπορούν να σταματήσουν τη λήψη των ουσιών αυτών. Και αν ακόμη το αποφασίσουν, παρουσιάζουν μια έντονη συμπτωματολογία που καθιστά την κατάσταση δραματική. Το σύνολο των συμπτωμάτων αυτών απαρτίζει το στερητικό σύνδρομο.

Στην κατηγορία των κατευναστικών ουσιών ανήκουν το αλκοόλ, τα βαρβιτουρικά και άλλες ουσίες. Η συχνή χρήση των ουσιών αυτών σε μεγάλες ποσότητες (π.χ. αλκοολισμός), αλλά και η συνδυασμένη λήψη τους έχουν καταστρεπτικές επιπτώσεις στην υγεία του ατόμου.

Η νικοτίνη είναι μια δραστική ουσία που περιέχεται στον καπνό των τσιγάρων. Στην επιβλαβή για τον οργανισμό δράση της νικοτίνης περιλαμβάνονται η έντονη σύσπαση των αγγείων, λόγω έκκρισης αδρεναλίνης, η επακόλουθη αύξηση της αρτηριακής πίεσης και η αύξηση της κινητικότητας του γαστρεντερικού σωλήνα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Εθισμός
Ανοχή
Εξάρτηση
Ναρκωτικά
Ενδορφίνες
Εγκεφαλίνες
Κατευναστικές ουσίες
Αλκοολισμός
Στερητικό σύνδρομο
Νικοτίνη
Καρκίνος του πνεύμονα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ποια είναι τα συμπτώματα του στερητικού συνδρόμου; Πού οφείλεται η μεγάλη ένταση των συμπτωμάτων αυτών;

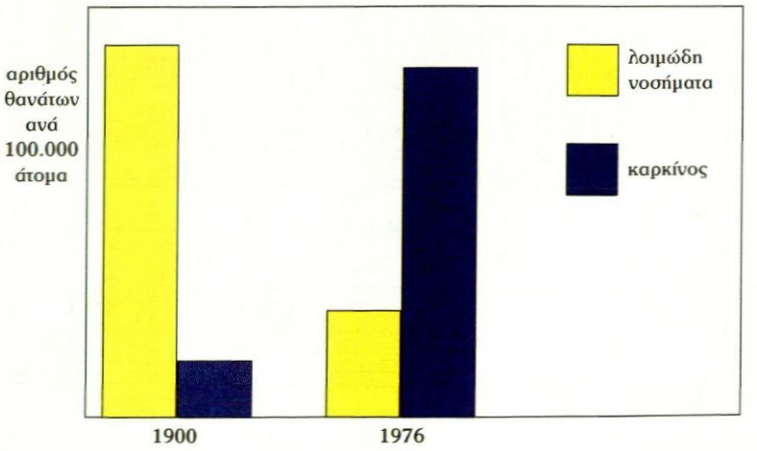
2. Πού οφείλεται η κίρρωση του ήπατος στους αλκοολικούς;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Στην ιστοσελίδα της Ελληνικής Αντικαρκινικής Εταιρείας βρείτε τον ευρωπαϊκό κώδικα κατά του καρκίνου, εκτυπώστε τον και αναρτήστε τον στην τάξη σας. Ένας βασικός στόχος της Ελληνικής Αντικαρκινικής Εταιρείας είναι η ενημέρωση του κοινού αλλά και των σχολείων. Ποια ενημερωτικά φυλλάδια έχει συντάξει η Εταιρεία για την πληροφόρηση του κοινού; Πώς μπορείτε να βοηθήσετε εσείς προσωπικά στη μάχη κατά του καρκίνου;

2. Η χώρα μας έχει τους περισσότερους καπνιστές στην Ευρώπη. Ανησυχητικά είναι και τα ποσοστά καπνιστών στους νέους. Οργανώστε μια μικρή έρευνα στο σχολείο σας προσπαθώντας να διερευνήσετε τις στάσεις και τη συμπεριφορά των μαθητών όσον αφορά το κάπνισμα. Πόσοι είναι καπνιστές; Υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα στα φύλα; Οι γονείς τους είναι καπνιστές; Γιατί οι μαθητές καπνίζουν; Συμφωνούν με την αντικαπνιστική εκστρατεία; Υπάρχουν άλλα μέτρα που θα ήταν πιο αποτελεσματικά; Ζητήστε τη βοήθεια του καθηγητή σας των Μαθηματικών για το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου και τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Παράδειγμα ερωτηματολογίου μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα της Ελληνικού Ιδρύματος Καρδιολογίας. Μπορείτε να δημοσιοποιήσετε τα αποτελέσματα της έρευνάς σας στη σχολική εφημερίδα, σε μια τοπική εφημερίδα ή στο Διαδίκτυο. Μπορείτε επίσης να τα παρουσιάσετε σε μια εκδήλωση που θα οργανώσετε στο σχολείο σας.

3. Το διάγραμμα δείχνει τον αριθμό των θανάτων από λοιμώδη νοσήματα και από καρκίνο στις αρχές του εικοστού αιώνα (1900) και αργότερα (1976). Τι παρατηρείτε; Πώς εξηγούνται αυτά τα δεδομένα; Προσπαθήστε να διερευνήσετε το θέμα με τη βοήθεια βιβλιογραφικών πηγών και ειδικών.

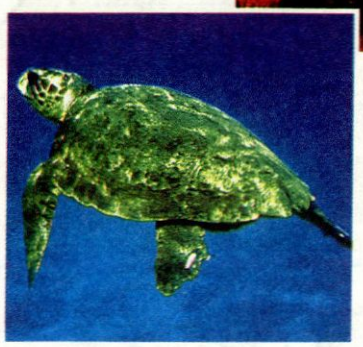


Κεφάλαιο 2

Άνθρωπος και Περιβάλλον

«Τη γη δεν την κληρονομήσαμε από τους γονείς μας, τη δανειστήκαμε από τα παιδιά μας».

2. ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



Ο άνθρωπος, από την εμφάνισή του στη Γη, βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του. Το περιβάλλον του ανθρώπου, είτε φυσικό είτε τεχνητό, καθορίζει τις συνθήκες μέσα στις οποίες ο άνθρωπος ζει και αναπαράγεται, ταυτόχρονα όμως διαμορφώνεται από αυτόν, ώστε να ανταποκρίνεται περισσότερο στις ανάγκες του.

Οικολογία είναι η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις των οργανισμών –και φυσικά του ανθρώπου– με:

- τους αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντός τους, δηλαδή το κλίμα (υγρασία, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τη σύσταση του εδάφους, την αλατότητα του νερού κ.ά.
- τους άλλους οργανισμούς που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος από αυτούς.

2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Συστατικά του οικοσυστήματος

Η έννοια του οικοσυστήματος αποτελεί θεμελιώδη έννοια για την Οικολογία. Το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους **βιοτικούς παράγοντες** μιας περιοχής, δηλαδή το σύνολο των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν, τους **αβιοτικούς παράγοντες** της περιοχής, καθώς και το **σύνολο των αλληλεπιδράσεων** που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές.

Οι **παραγωγοί** είναι οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν, έχουν δηλαδή την ικανότητα να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να την αξιοποιούν για την παραγωγή γλυκόζης και άλλων υδατανθράκων από απλά ανόργανα μόρια (διοξείδιο του άνθρακα και νερό). Στους παραγωγούς, που χαρακτηρίζονται και ως **αυτότροφοι** οργανισμοί, διότι παράγουν οι ίδιοι τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους, υπάγονται οι πολυκύτταροι φυτικοί οργανισμοί, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια.

Όλοι οι άλλοι οργανισμοί των οικοσυστημάτων, οι οποίοι δε φωτοσυνθέτουν, χαρακτηρίζονται ως **ετερότροφοι**, γιατί παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους.

Οι ετερότροφοι οργανισμοί διακρίνονται σε καταναλωτές και αποικοδομητές. Στους **καταναλωτές**, τους οργανισμούς δηλαδή που τρέφονται με φυτικούς ή άλλους ζωικούς οργανισμούς, ανήκουν οι μονοκύτταροι και οι πολυκύτταροι ζωικοί οργανισμοί. Οι καταναλωτές, ανάλογα με «τον αριθμό των βημάτων» που τους χωρίζουν από τους παραγωγούς, διακρίνονται σε:

- **καταναλωτές πρώτης τάξης**, που είναι τα φυτοφάγα ζώα,
- **καταναλωτές δεύτερης τάξης**, που είναι τα σαρκοφάγα ζώα τα οποία τρέφονται με φυτοφάγα,
- **καταναλωτές τρίτης ή μεγαλύτερης τάξης**, που είναι τα σαρκοφάγα τα οποία τρέφονται με άλλα σαρκοφάγα.

α

β

γ

δ

Εικόνα 2.1:

α) Παραγωγοί, β) καταναλωτής πρώτης τάξης, γ) καταναλωτής δεύτερης τάξης, δ) αποικοδόμηση (μύκητες πάνω σε πεσμένα φύλλα)

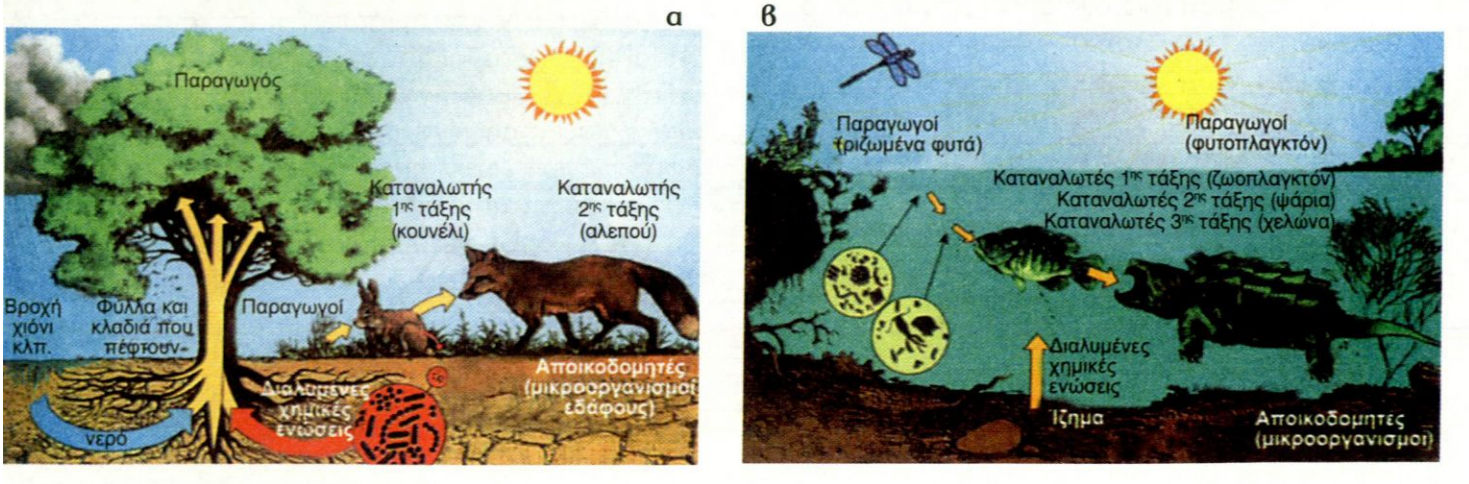
Στους **αποικοδομητές** ανήκουν ορισμένα βακτήρια και μύκητες που τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών). Οι αποικοδομητές παίζουν σπουδαίο ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος, καθώς μετατρέπουν την οργανική ύλη σε ανόργανη, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου από τους φυτικούς οργανισμούς.

Οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο είδος αποτελούν έναν **πληθυσμό**. Το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών που ζουν σε ένα οικοσύστημα, αλλά και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους αποτελούν τη **βιοκοινότητα** του οικοσυστήματος, ενώ **βιότοπος** είναι η περιοχή στην οποία ζει ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα.

Οι αβιοτικοί παράγοντες ενός οικοσυστήματος βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση με τους βιοτικούς και καθορίζουν τη φύση του αλλά και τη λειτουργία του. Για παράδειγμα, το πόσο διαθέσιμο είναι το νερό σε ένα οικοσύστημα καθορίζει την ποικιλία των οργανισμών που ζουν σ' αυτό αλλά και τις μεταξύ τους σχέσεις. Αν, για παράδειγμα, η βροχόπτωση σε μια περιοχή είναι μεγάλη, ευνοείται η αύξηση του πληθυσμού των διαφορετικών φυτικών ειδών και κατ' επέκταση η αύξηση του πληθυσμού των φυτοφάγων ζώων.

Εικόνα 2.2: Μεσογειακό οικοσύστημα

Η διατήρηση των οικοσυστημάτων, όπως και κάθε άλλης οργανωμένης δομής, απαιτεί συνεχή προσφορά ενέργειας. Τα οικοσυστήματα που υπάρχουν στον πλανήτη μας, στην πλειονότητά τους, εισάγουν την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής τους με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα οικοσυστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως **αυτότροφα** και διακρίνονται από τα **ετερότροφα**, στα οποία η εισαγωγή ενέργειας γίνεται με τη μορφή χημικών ενώσεων. Ένα παράδειγμα ετερότροφου οικοσυστήματος είναι μια πόλη, η οποία εισάγει την ενέργεια που χρειάζεται



Εικόνα 2.3: α) Χερσαίο οικοσύστημα, β) οικοσύστημα μιας λίμνης

για την επιβίωση των κατοίκων της με τη μορφή των τροφίμων που δεν έχουν παραχθεί σ' αυτήν αλλά σε άλλα αυτότροφα οικοσυστήματα.

Βέβαια όσο αναγκαία είναι η τροφοδότηση ενός οικοσυστήματος με ενέργεια άλλο τόσο αναγκαία είναι και η διανομή της στους οργανισμούς του, ώστε να καλύπτουν αυτοί τις ανάγκες τους. Η διανομή ενέργειας γίνεται μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος (ροή ενέργειας).

Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων είναι η ανακύκλωση των διάφορων χημικών στοιχείων, ώστε να είναι αυτά συνεχώς διαθέσιμα στους οργανισμούς ενός οικοσυστήματος.

2.1.1 Χαρακτηριστικά οικοσυστημάτων

Μέγεθος και όρια

Επειδή το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης, δηλαδή ένα σύνολο από αντικείμενα που δεν εξετάζονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο αλλά στην αλληλεπίδρασή τους, το μέγεθος και τα όριά του καθορίζονται κάθε φορά από τον ερευνητή που το μελετά.

Πράγματι, ένα οικοσύστημα μπορεί να είναι τόσο μεγάλο όσο ολόκληρη η βιόσφαιρα, δηλαδή το τμήμα του φλοιού της Γης και της ατμόσφαιρας που επιτρέπει την ύπαρξη ζωής, αλλά και τόσο πολύ μικρό όσο μια γλάστρα με ένα φυτό στα φύλλα του οποίου επιβιώνει ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών. Αναφορικά με τα όρια, αν και καθορίζονται αυθαίρετα από τον ερευνητή, σε μερικές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στο οικοσύστημα ενός νησιού, μπορούν να καθοριστούν με σχετική ακρίβεια.

Εικόνα 2.4: Βιόσφαιρα, το μεγαλύτερο γνωστό οικοσύστημα

Ισορροπία - Ποικιλότητα

Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την τάση να διατηρούν σε ισορροπία τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τους. Η ισορροπία όμως αυτή των οικοσυστημάτων δεν αντιπροσωπεύει μια στατική κατάσταση. Αντίθετα, οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των παραγόντων ενός οικοσυστήματος μεταβάλλονται συνεχώς και ποσοτικά και ποιοτικά. Οι μηχανισμοί όμως αυτορρύθμισης που διαθέτει κάθε οικοσύστημα το κάνουν ικανό να επαναφέρει την ισορροπία στις σχέσεις μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, όποτε μια μεταβολή τείνει να τις απορρυθμίσει. Ένα λιβάδι, για παράδειγμα, μπορεί να φιλοξενήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό φυτοφάγων ζώων που είναι ανάλογος με την ποσότητα της διαθέσιμης τροφής (χορτάρι). Αν όμως για κάποιο λόγο, όπως για παράδειγμα εξαιτίας μιας περιορισμένης πυρκαγιάς, μειωθεί η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής, θα μειωθεί αναλογικά και ο πληθυσμός των φυτοφάγων ζώων για τα οποία μπορεί να εξασφαλιστεί τροφή από το οικοσύστημα.

Ο όρος «ποικιλότητα» αναφέρεται στα διαφορετικά είδη οργανισμών που υπάρ-

χουν σε ένα οικοσύστημα. Η ποικιλότητα των οικοσυστημάτων, αν και φαινομενικά αντιβαίνει στην ισορροπία τους, καθώς θα ήταν αναμενόμενο οι πιο απλές δομές να είναι και πιο σταθερές, αντίθετα την ενισχύει. Πράγματι, όσο μεγαλύτερη ποικιλότητα έχει ένα οικοσύστημα, τόσο πιο ισορροπημένο είναι. Αυτό συμβαίνει, γιατί τα οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν και μεγαλύτερη ποικιλία σχέσεων μεταξύ των βιοτικών παραγόντων τους. Έτσι, όποτε μια μεταβολή διαταράσσει την ισορροπία τους, υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι μηχανισμοί αυτορρύθμισης που την αποκαθιστούν. Αν, για παράδειγμα, σε ένα οικοσύστημα είναι περιορισμένος ο αριθμός των διαφορετικών ειδών που ζουν σ' αυτό, περιορίζεται αναλογικά και το πλήθος των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Έτσι κάθε διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος που θα προκαλούσε την εξαφάνιση ενός είδους θα απειλούσε άμεσα και την εξαφάνιση του είδους που εξαρτάται τροφικά από αυτό. Αν αντίθετα υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανισμών, οι εναλλακτικές λύσεις στη διατροφή τους είναι περισσότερες και επομένως η εξαφάνιση ή η μείωση του πληθυσμού ενός είδους δεν απειλεί άμεσα τα είδη που τρέφονται από αυτό. Για το λόγο αυτό τα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, λίμνες κτλ.), που έχουν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τα τεχνητά (καλλιεργούμενοι αγροί, τεχνητές λίμνες κτλ.), είναι και περισσότερο σταθερά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις των οργανισμών —και φυσικά του ανθρώπου— με τους αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντός τους, δηλαδή το κλίμα (υγρασία, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τη σύσταση του εδάφους, την αλατότητα του νερού κτλ., καθώς και με τους άλλους οργανισμούς που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος από αυτούς ονομάζεται Οικολογία.

Το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους βιοτικούς και τους αβιοτικούς παράγοντες μιας περιοχής, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές. Οι παραγωγοί είναι οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν και χαρακτηρίζονται ως αυτότροφοι οργανισμοί. Όλοι οι άλλοι οργανισμοί των οικοσυστημάτων οι οποίοι δε φωτοσυνθέτουν χαρακτηρίζονται ως ετερότροφοι. Οι καταναλωτές τρέφονται με φυτικούς ή άλλους ζωικούς οργανισμούς. Στους αποικοδομητές ανήκουν τα βακτήρια του εδάφους και οι μύκητες που τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών).

Οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο είδος αποτελούν έναν πληθυσμό. Το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών ενός οικοσυστήματος, αλλά και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους αποτελούν τη βιοκοινότητα του οικοσυστήματος.

Επειδή το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης, το μέγεθος και τα όριά του καθορίζονται κάθε φορά από τον ερευνητή που το μελετά.

Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την τάση να διατηρούν σε ισορροπία τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τους.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Οικολογία
Οικοσύστημα
Βιοτικοί παράγοντες
Αβιοτικοί παράγοντες
Αυτότροφοι οργανισμοί
Ετερότροφοι οργανισμοί
Παραγωγοί
Καταναλωτές
Αποικοδομητές
Πληθυσμός
Βιοκοινότητα
Βιότοπος
Βιόσφαιρα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ποια είναι τα συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα οικοσύστημα; Για ποιο λόγο είναι απαραίτητο να τα μελετούμε στην αλληλεπίδρασή τους και όχι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο;

2. Η πόλη στην οποία ζείτε, όπως και κάθε άλλη πόλη, αποτελεί ένα ετερότροφο οικοσύστημα. Να προσδιορίσετε ποιες είναι οι εισροές και ποιες οι εκροές της, ώστε να εξασφαλίζεται η επιβίωση των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν και η ισορροπία του οικοσυστήματος.

3. Ποιοι από τους οργανισμούς (παραγωγούς, καταναλωτές, αποικοδομητές) ενός οικοσυστήματος δεν είναι απολύτως απαραίτητοι για την ύπαρξή του; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

4. Οι γεωργικές καλλιέργειες αποτελούν συνήθως λιγότερο σταθερά οικοσυστήματα από τα φυσικά. Για ποιους κατά τη γνώμη σας λόγους συμβαίνει αυτό;

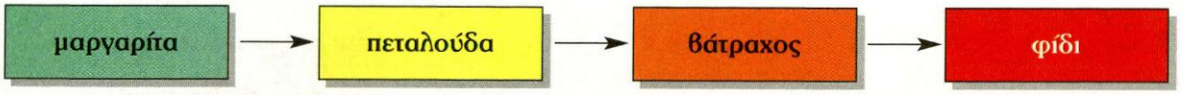
2.2 ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι ποιοτικές (ποιος τρώει ποιον) και ποσοτικές (τι ποσότητα τρώει).

Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος γίνεται με τις **τροφικές αλυσίδες** και τα τροφικά πλέγματα, ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες.

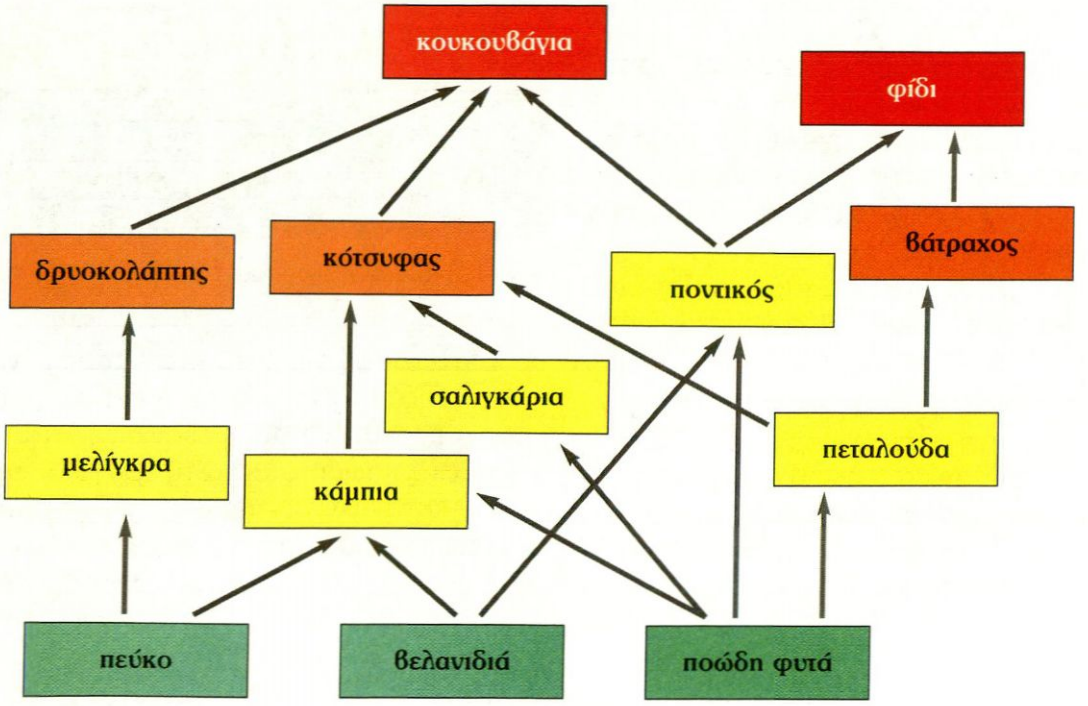
2.2.1 Τροφικές αλυσίδες και τροφικά πλέγματα

Γνωρίζουμε ότι τα φίδια τρώνε βατράχια, ότι τα βατράχια τρέφονται με πεταλούδες και ότι οι πεταλούδες πίνουν το νέκταρ των λουλουδιών. Για την απεικόνιση αυτής της τροφικής αλληλεξάρτησης μπορούμε να κατασκευάσουμε μια αλυσίδα της οποίας τα βέλη θα δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή. Τέτοιες σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος χαρακτηρίζονται ως τροφικές αλυσίδες.



Εικόνα 2.5: Τροφική αλυσίδα

Γνωρίζουμε όμως ότι τα φίδια τρώνε και ποντίκια και ότι οι πεταλούδες τρώγονται και από τα πουλιά. Στην πραγματικότητα λοιπόν οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών είναι περισσότερο πολύπλοκες. Αν θέλαμε να τις απεικονίσουμε πιο ρεαλιστικά, θα καταφεύγαμε στη δημιουργία ενός δικτύου με το οποίο θα δηλώνονταν οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.



Εικόνα 2.6: Τροφικό πλέγμα

Το δίκτυο αυτό, που απεικονίζει το σύνολο των τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος, ονομάζεται **τροφικό πλέγμα**. Φαίνεται έτσι ότι οι τροφικές αλυσίδες αποτελούν μέρος των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων που παρουσιάζει ένα τροφικό πλέγμα.

Ποιες άλλες όμως πληροφορίες μπορούμε να αντλήσουμε μελετώντας ένα τροφικό πλέγμα; Ας πάρουμε, για παράδειγμα, το τροφικό πλέγμα της εικόνας 2.6. Τι θα συμβεί στο οικοσύστημα, αν το ραντίσουμε με εντομοκτόνο;

- Θα εξαφανιστούν ή θα μειωθούν τα έντομα (πεταλούδες, κάμπιες, μελίγκρες).
- Οι δρυοκολάπτες και οι βάτραχοι δε θα έχουν να φάνε και θα μεταναστεύσουν ή θα μειωθεί ο πληθυσμός τους.
- Τα κοτσύφια θα τρώνε μόνο σαλιγκάρια, των οποίων ο αριθμός θα μειωθεί.
- Τα ποώδη φυτά θα αυξηθούν.
- Οι πληθυσμοί των φιδιών και της κουκουβάγιας θα μειωθούν κ.ο.κ.

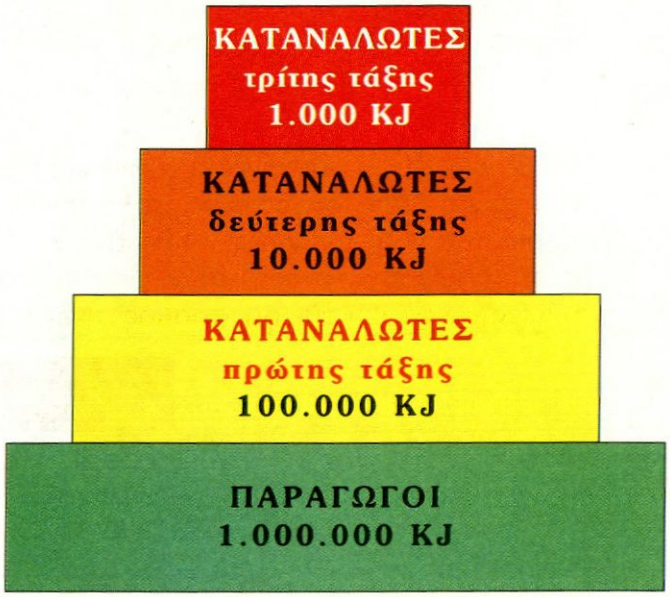
2.2.2 Τροφικές πυραμίδες και τροφικά επίπεδα

Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν απεικονίσεις των ποσοτικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα:

- Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών.
- Το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης.
- Το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.

Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας (δηλαδή της ξηρής μάζας των οργανισμών ανά μονάδα επιφάνειας) ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα **ενέργειας**, **βιομάζας** ή **πληθυσμού** αντίστοιχα. Το εμβαδόν που δίνεται σε κάθε ορθογώνιο είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.

Αν θέλαμε να απεικονίσουμε την ενέργεια που περικλείεται στα διάφορα τροφικά επίπεδα του προηγούμενου παραδείγματος, η οποία προσδιορίζεται θερμιδομετρικά, θα παίρναμε την παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2.7: Τροφική πυραμίδα ενέργειας

Στο τροφικό επίπεδο των παραγωγών απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στις βελανιδιές, στα πεύκα και στα ποώδη φυτά. Στο τροφικό επίπεδο των καταναλωτών πρώτης τάξης απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στους ποντικούς, στα σαλιγκάρια και στα έντομα. Στο τροφικό επίπεδο των καταναλωτών δεύτερης τάξης απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στους δρυοκολάπτες, στα κο-

τσύφια και στα βατράχια. Τέλος, το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στα φίδια και στην κουκουβάγια απεικονίζεται στο επίπεδο των κορυφαίων καταναλωτών.

Η ενέργεια, με τη μορφή της χημικής ενέργειας που εμπεριέχεται στην τροφή των οργανισμών, περνάει από το κατώτερο τροφικό επίπεδο (των παραγωγών) στο ανώτερο.

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Αυτό οφείλεται στο ότι:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα και τα ούρα (απεκκρίσεις), τα οποία αποικοδομούνται.

Σε γενικές γραμμές, η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας, καθώς, όταν μειώνεται η ενέργεια που προσλαμβάνει κάθε τροφικό επίπεδο από το προηγούμενό του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του.

Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού εμφανίζουν και αυτές πτωτική τάση από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο. Εδώ όμως παρατηρείται μια ενδιαφέρουσα εξαίρεση. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων. Αν, για παράδειγμα, μια βελανιδιά, που μπορεί να θεωρηθεί ως ένα οικοσύστημα, φιλοξενεί 1.000 κάμπιες, σε καθεμία από τις οποίες παρασιτούν 100 πρωτόζωα, η τροφική πυραμίδα του πληθυσμού θα έχει τη μορφή:

Εικόνα 2.8: Ανεστραμμένη τροφική πυραμίδα πληθυσμού

Μια τέτοια τροφική πυραμίδα χαρακτηρίζεται ως **ανεστραμμένη**.

Η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή:

- Υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι (π.χ. άνθρωπος).
- Υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή (π.χ. αλεπού).
- Οι διατροφικές προτιμήσεις κάποιων οργανισμών αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο της ζωής τους. Για παράδειγμα, ο βάτραχος στο στάδιο του γυρίνου είναι φυτοφάγος, ενώ, όταν μεταμορφωθεί σε ώριμο βάτραχο, γίνεται εντομοφάγος.

Οι τροφικές πυραμίδες μάς βοηθούν να κατανοήσουμε έναν από τους λόγους για τους οποίους οι κάτοικοι των χωρών με υπερπληθυσμό είναι κυρίως χορτοφάγοι, ενώ των οικονομικά αναπτυγμένων χωρών είναι παμφάγοι.

Εκτάσεις καλλιεργημένες με σιτηρά θα μπορούσαν να θρέψουν 10.000 ανθρώπους. Εάν οι ίδιες εκτάσεις μετατραπούν σε βοσκότοπους, θα μπορέσουν να θρέψουν μόνο 1.000 ανθρώπους, αφού έτσι ο άνθρωπος θα περάσει από το τροφικό επίπεδο του πρωτογενούς καταναλωτή σ' αυτό του δευτερογενούς, γεγονός που συνδέεται με απώλειες κατά 90% της διαθέσιμης ενέργειας των παραγωγών.

2.2.3 Η έννοια της παραγωγικότητας

Καθημερινά ο πλανήτης μας «βομβαρδίζεται» με 10^{22} Joules ηλιακής ενέργειας, τα οποία ισοδυναμούν με την ενέργεια που περικλείεται σε 1.000 ατομικές βόμβες όμοιες με αυτήν που έπεσε στη Χιροσίμα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται, ανακλάται ή σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια του πλανήτη. Ένα μικρό μόνο μέρος, που δεν ξεπερνά το 1%, δεσμεύεται από τους παραγωγούς προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στη φωτοσύνθεση. Αυτό όμως το μικρό ποσοστό επαρκεί για την παραγωγή 170 περίπου δισεκατομμυρίων τόνων οργανικής ύλης παγκοσμίως.

Ο ρυθμός με τον οποίο οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος παράγουν οργανική ύλη αποτελεί την **παραγωγικότητα** του οικοσυστήματος, που διακρίνεται σε πρωτογενή και σε δευτερογενή.

Πρωτογενής παραγωγικότητα είναι ο ρυθμός με τον οποίο οι παραγωγοί ενός οικοσυστήματος δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε χημική (οργανική ύλη).

Δευτερογενής παραγωγικότητα είναι ο ρυθμός με τον οποίο οι καταναλωτές ενός οικοσυστήματος, αξιοποιώντας τη χημική ενέργεια που παραλαμβάνουν με την τροφή τους, παράγουν οργανική ύλη.

Επειδή όμως από την οργανική ύλη που παράγεται είτε στο επίπεδο των παραγωγών είτε στο επίπεδο των καταναλωτών ένα μέρος μόνο δεσμεύεται στους ιστούς τους (γιατί το μεγαλύτερο χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους), είναι απαραίτητο τόσο η πρωτογενής όσο και η δευτερογενής παραγωγικότητα να διακρίνονται σε **μεικτή** και σε **καθαρή παραγωγικότητα**. Και στις δύο περιπτώσεις η μεικτή παραγωγικότητα αποτελεί το ποσό της συνολικής οργανικής ύλης που παράγεται, ενώ η καθαρή παραγωγικότητα αποτελεί το ποσό της οργανικής ύλης που απομένει, μετά την αφαίρεση της οργανικής ύλης που οξειδώθηκε, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των οργανισμών.

Μια απλή μέθοδος για τον υπολογισμό της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος είναι ο θερισμός. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι θέλουμε να μετρήσουμε την καθαρή πρωτο-

Εικόνα 2.9: Χαρακτηριστικά φυτά φρυγανικού οικοσυστήματος (λαδανιά, θυμάρι, ασφάκα, γαλαστοιβή)

γενή παραγωγικότητα ενός **φρυγανικού οικοσυστήματος**, ενός δηλαδή οικοσυστήματος στο οποίο αφθονούν φυτά όπως το θυμάρι, η λαδανιά, η ρίγανη, η λεβάντα κ.ά. Τα φυτά αυτά είναι ικανά να επιβιώνουν στο άνυδρο και μακρύ καλοκαίρι της πατρίδας μας. Επισκεπτόμαστε λοιπόν το οικοσύστημα και θερίζουμε το Νοέμβριο δέκα τυχαία τεμάχια εμβαδού 1 m^2 το καθένα. Το υλικό που συγκεντρώνουμε (θάμνοι, μικρά ποώδη φυτά κ.ά.) το θερμαίνουμε σε θερμοκρασία 80-90°C, ώστε να χάσει το νερό που περιέχει, το ζυγίζουμε και υπολογίζουμε το μέσο όρο της ξηρής μάζας που αντιστοιχεί σε 1 m^2 επιφάνειας (βιομάζα). Έστω ότι βρήκαμε πως η βιομάζα των παραγωγών του οικοσυστήματος είναι 800 gr ανά m^2. Αν επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία τον Απρίλιο σε δέκα διαφορετικά τεμάχια, θα διαπιστώσουμε ότι η βιομάζα του οικοσυστήματος αυξήθηκε στα 1.200 gr/m^2. Η μεταβολή της βιομάζας στο διάστημα που έχει μεσολαβήσει (5 μήνες), δηλαδή τα 400 gr/m^2, αντιπροσωπεύει την οργανική ύλη που ενσωματώθηκε στους παραγωγούς του οικοσυστήματος ή, με άλλα λόγια, την καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα.

Η παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων διαφέρει έντονα. Στο ένα άκρο βρίσκονται οι έρημοι, οι βαθιές λίμνες με μικρή πρωτογενή παραγωγικότητα, ενώ στο άλλο άκρο βρίσκονται τα δέλτα των ποταμών, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι με μεγάλη μεικτή πρωτογενή παραγωγικότητα.

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της πρωτογενούς παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, η διαθεσιμότητα νερού (μόνο για χερσαία οικοσυστήματα) και το βάθος στο οποίο μπορεί να διεισδύσει το φως (στα υδάτινα οικοσυστήματα).

Εικόνα 2.10: Υπολογισμός της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος

Εικόνα 2.11: Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι έχουν μεγάλη μεικτή πρωτογενή παραγωγικότητα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι ποιοτικές και ποσοτικές. Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος γίνεται με τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα, ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες.

Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών, το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης, το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.

Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού αντίστοιχα.

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Σε γενικές γραμμές, η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας. Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού εμφανίζουν συνήθως πτωτική τάση από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο, με εξαίρεση την τροφική πυραμίδα πληθυσμού που χαρακτηρίζεται ως ανεστραμμένη.

Ο ρυθμός με τον οποίο οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος παράγουν οργανική ύλη αποτελεί την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος, που διακρίνεται σε πρωτογενή και σε δευτερογενή. Τόσο η πρωτογενής όσο και η δευτερογενής παραγωγικότητα διακρίνονται σε μεικτή και σε καθαρή παραγωγικότητα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Τροφικές σχέσεις
Τροφικό επίπεδο
Τροφική αλυσίδα
Τροφικό πλέγμα
Τροφική πυραμίδα
Πυραμίδα βιομάζας
Πυραμίδα ενέργειας
Βιομάζα
Πυραμίδα πληθυσμού
Ανεστραμμένη πυραμίδα
Παραγωγικότητα
Πρωτογενής παραγωγικότητα
Δευτερογενής παραγωγικότητα
Μεικτή παραγωγικότητα
Καθαρή παραγωγικότητα
Φρυγανικό οικοσύστημα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Δύο κτηνοτρόφοι έχουν από ένα κοπάδι 100 προβάτων ο καθένας και τα πηγαίνουν για βοσκή σε διαφορετικούς βοσκότοπους. Ο πρώτος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια ερημοποιημένη περιοχή της οποίας η πρωτογενής παραγωγικότητα είναι 500 g/m^2 στους έξι μήνες και δεύτερος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια περιοχή κοντά στο δέλτα ενός ποταμού με πρωτογενή παραγωγικότητα 2500 g/m^2 στους έξι μήνες. Όλα τα πρόβατα στο διάστημα των έξι μηνών παρουσίασαν την ίδια ανάπτυξη.

α. Ποιο από τα δύο βοσκοτόπια έχει μεγαλύτερη έκταση και κατά πόσο;

β. Αν οι δύο κτηνοτρόφοι χρησιμοποιήσουν για τη βοσκή των προβάτων τους ίσες εκτάσεις των βοσκοτόπων τους, ποιος από τους δύο θα έχει μετά από έξι μήνες πρόβατα με μεγαλύτερο βάρος;

2. Έστω ότι σε μια λίμνη ισχύει η τροφική αλυσίδα:

φυτοπλαγκτόν → ζωοπλαγκτόν → μικρά ψάρια → μεγάλα ψάρια → υδρόβια πτηνά.

Όλοι οι οργανισμοί κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του προηγούμενου τροφικού επιπέδου. Εάν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι $5x10^4$ Kg και η ενέργεια που εμπεριέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 40 KJoules/Kg φυτοπλαγκτού:

α. Να υπολογιστεί η βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.

β. Να υπολογιστεί η ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.

γ. Με δεδομένο ότι το μέσο βάρος ενός πτηνού είναι 2,5 Kg, να υπολογιστεί ο αριθμός των υδρόβιων πτηνών που μπορούν να εξασφαλίσουν την τροφή τους μέσω αυτής της τροφικής αλυσίδας.

3. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του διαγράμματος να απαντήσετε στις ερωτήσεις:

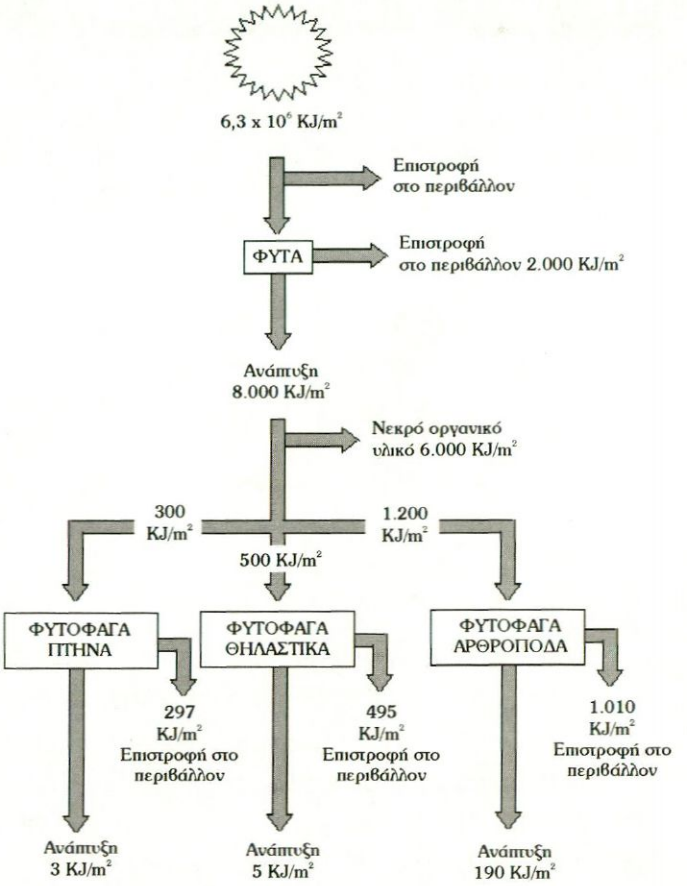
α. Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτά από τον ήλιο το δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση;

β. Ποια είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά επιστρέφουν στο περιβάλλον τους 2.000 KJ/m²;

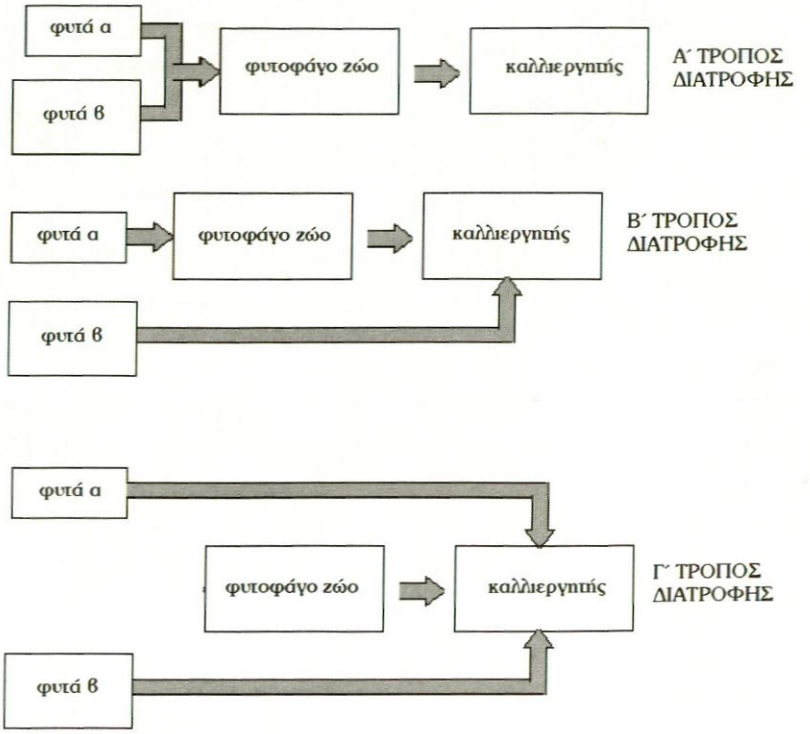
γ. Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτοφάγα πτηνά από τα φυτά το επιστρέφουν στο περιβάλλον τους;

δ. Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο ενσωματώνεται στους ιστούς των φυτοφάγων πτηνών;

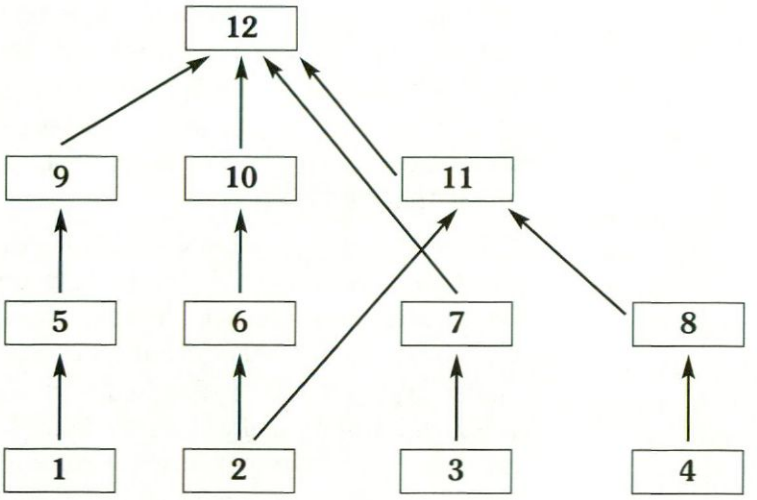
ε. Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο τα φυτοφάγα αρθρόποδα το επιστρέφουν στο περιβάλλον;



4. Ο καλλιεργητής ενός αγροκτήματος ασχολείται με την καλλιέργεια δύο φυτικών ειδών και την εκτροφή ενός ζωικού είδους που είναι φυτοφάγο. Ποιος από τους εικονιζόμενους τρόπους διατροφής είναι ο λιγότερο και ποιος ο περισσότερο αποδοτικός από ενεργειακή άποψη και γιατί;



5. Στην εικόνα παρουσιάζονται οι τροφικές σχέσεις σε ένα οικοσύστημα. Αν οι οργανισμοί 1, 2, 3, 4 αντιπροσωπεύουν παραγωγούς και όλοι οι υπόλοιποι καταναλωτές, να απαντήσετε στις ερωτήσεις:



α. Τι ονομάζουμε τροφική αλυσίδα, τι τροφικό πλέγμα και τι τροφικό επίπεδο;

β. Πόσες διαφορετικές τροφικές αλυσίδες διαπιστώνετε ότι υπάρχουν στο οικοσύστημα;

γ. Ποιος είναι ο κορυφαίος καταναλωτής του οικοσυστήματος;

δ. Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 2ης και ως καταναλωτής 1ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;

ε. Ποιο επίπεδο καταναλωτών του οικοσυστήματος περιμένετε να είναι μεγαλύτερο σε βιομάζα και γιατί;

στ. Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 3ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;

ζ. Με ποιους άλλους οργανισμούς ο οργανισμός της ερώτησης (στ) ανήκει στο ίδιο τροφικό επίπεδο, όταν συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης;

η. Ποια από τις έννοιες, η τροφική αλυσίδα ή το τροφικό πλέγμα, είναι πλησιέστερη προς την πραγματικότητα που υπάρχει στα φυσικά οικοσυστήματα και γιατί;

θ. Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 2, ποιοι οργανισμοί θα επηρεαστούν τροφικά και γιατί;

ι. Ποιοι από τους οργανισμούς της ερώτησης (θ) θα επηρεαστούν περισσότερο και γιατί;

2.3 ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ

Τα οικοσυστήματα τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο. Η ενέργεια που δεσμεύεται από τους παραγωγούς, αφού μετατραπεί σε χημική, «ρέει» μονόδρομα, μέσω των τροφικών αλυσίδων, στα διάφορα επίπεδα καταναλωτών και στους αποικοδομητές. Αντίθετα όμως με την ενέργεια, η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη, καθώς ο πλανήτης δέχεται ελάχιστα ποσά ύλης από το Διάστημα (μετεωρίτες κτλ.). Για το λόγο αυτό τα χημικά στοιχεία (C, H, O, N, S, P κ.ά.) που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των χημικών ενώσεων, από τις οποίες εξαρτώνται οι δομές και οι λειτουργίες των οργανισμών, πρέπει να κυκλοφορούν, ώστε να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα. Οι επαναλαμβανόμενες κυκλικές πορείες των χημικών στοιχείων στα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται ως **βιογεωχημικοί κύκλοι**, διότι διεκπεραιώνονται με τη συμμετοχή βιολογικών, γεωλογικών και χημικών διαδικασιών.

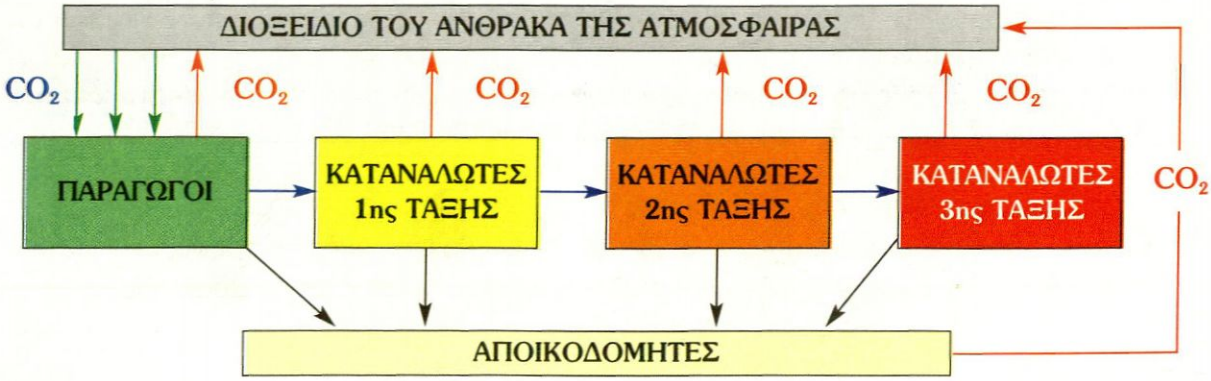
2.3.1 Ο κύκλος του άνθρακα

Ο άνθρακας είναι το χημικό στοιχείο με βάση το οποίο δομούνται όλες οι οργανικές ενώσεις και συνεπώς όλα τα βιολογικά μακρομόρια. Η πορεία του άνθρακα στα οικοσυστήματα ακολουθεί τη ροή της ενέργειας σ' αυτά, για τον απλό λόγο ότι η χημική ενέργεια που μεταβιβάζεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο είναι δεσμευμένη στις οργανικές ενώσεις.

Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε γλυκόζη.

Ένα μέρος της γλυκόζης, αλλά και άλλων ενώσεων που συντίθενται από τους παραγωγούς, χρησιμοποιείται κατά την κυτταρική αναπνοή προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών των παραγωγών. Επειδή όμως κατά την κυτταρική αναπνοή παράγεται και διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο αυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να ολοκληρώνεται ένας κύκλος πρόσληψης και επαναφοράς από και προς την ατμόσφαιρα.

Από το υπόλοιπο μέρος της οργανικής ύλης που έχει παραχθεί από τους παραγωγούς ένα μέρος μεταβιβάζεται, ως τροφή, στους καταναλωτές, ενώ ένα άλλο καταλήγει ως νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρποί, κλαδιά κ.ά.) στο έδαφος και γίνεται τροφή



Εικόνα 2.12: Ο κύκλος του άνθρακα

Τα πράσινα βέλη αντιπροσωπεύουν τη φωτοσύνθεση, τα κόκκινα την κυτταρική αναπνοή, τα κυανά την κατανάλωση και τα μαύρα την αποικοδόμηση.

για τους αποικοδομητές (βακτήρια και μύκητες) μαζί με τη νεκρή οργανική ύλη ζωικής προέλευσης (σώματα νεκρών οργανισμών, απεκκρίσεις, περιττώματα κ.ά.).

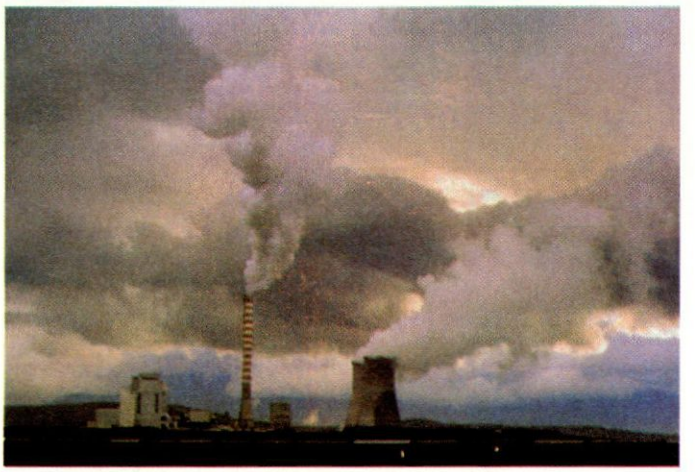
Και στην περίπτωση των καταναλωτών και στην περίπτωση των αποικοδομητών η οργανική ύλη οξειδώνεται, με αποτέλεσμα αφ' ενός την απελευθέρωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφ' ετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι στη βάση της ανταλλαγής του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και των βιοτικών παραγόντων των οικοσυστημάτων βρίσκεται η εναλλαγή δύο διαδικασιών: με τη φωτοσύνθεση προσλαμβάνεται το διοξείδιο του άνθρακα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή γλυκόζης, ενώ με την κυτταρική αναπνοή οξειδώνεται η γλυκόζη και επιστρέφει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Παρέμβαση του ανθρώπου στον κύκλο του άνθρακα

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση (αρχές του 19ου αιώνα) άρχισε η συστηματική χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων αρχικά, πετρελαίου και φυσικού αερίου στη συνέχεια).

Εικόνα 2.13: Άντληση πετρελαίου



Εικόνα 2.14: Απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από βιομηχανία

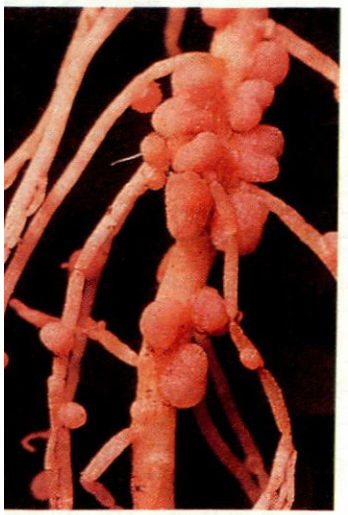
Αυτά τα καύσιμα, τα οποία προέρχονται από το μετασχηματισμό οργανικής ύλης φυτικών και ζωικών οργανισμών του παρελθόντος, παρέμεναν για εκατομμύρια χρόνια στα έγκατα της Γης, αποτελώντας μια μεγάλη αποθήκη άνθρακα που έμενε αχρησιμοποίητη. Στη συνέχεια όμως οι αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες της βιομηχανίας και των μεταφορών επέβαλαν την εντατική εξόρυξη του άνθρακα, η καύση του οποίου οδήγησε στην απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Βέβαια το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται από τους παραγωγούς και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση. Η καταστροφή ωστόσο των δασών, είτε λόγω της υλοτόμησης, που γίνεται με σκοπό την εκμετάλλευση των προϊόντων της ξυλείας, είτε λόγω των εκχερσώσεων, που αποσκοπούν στην εξεύρεση νέων χώρων κατοικίας και καλλιέργειας, περιορίζει το συνολικό αριθμό των φωτοσυνθετικών οργανισμών του πλανήτη. Υπάρχει δηλαδή μια τάση για βαθμιαία αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, μια εξέλιξη που μπορεί να έχει δυσάρεστες συνέπειες για το κλίμα του πλανήτη.

2.3.2 Ο κύκλος του αζώτου

Το άζωτο αποτελεί ένα σημαντικό χημικό στοιχείο για τη ζωή, καθώς είναι συστατικό πολλών βιομορίων όπως των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών. Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, όπου αποτελεί το 78% κ.ό., δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της **αζωτοδέσμευσης**, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς.

Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική. Κατά την **ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση** το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με τους υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα. Η απαραίτητη ενέργεια προσφέρεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές, κεραυνοί). Η αμμωνία και τα νιτρικά ιόντα μεταφέρονται με τη βροχή στο έδαφος. Η ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση κατέχει το 10% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.

Η **βιολογική αζωτοδέσμευση** πραγματοποιείται από ελεύθερους ή συμβιωτικούς μικροοργανισμούς. Σημαντικότερα **αζωτοδεσμευτικά βακτήρια** είναι αυτά που ζουν συμβιωτικά στις ρίζες των ψυχανθών (όπως είναι το τριφύλλι, η μπιζελιά, η φασολιά, η φακή, η σόγια) σε ειδικά εξογκώματα (**φυμάτια**). Αυτά τα βακτήρια έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και να το μετατρέπουν σε νιτρικά ιόντα, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν από τα ψυχανθή. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε τα όσπρια είναι πλούσια σε πρωτεΐνες. Η βιολογική αζωτοδέσμευση κατέχει το 90% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.

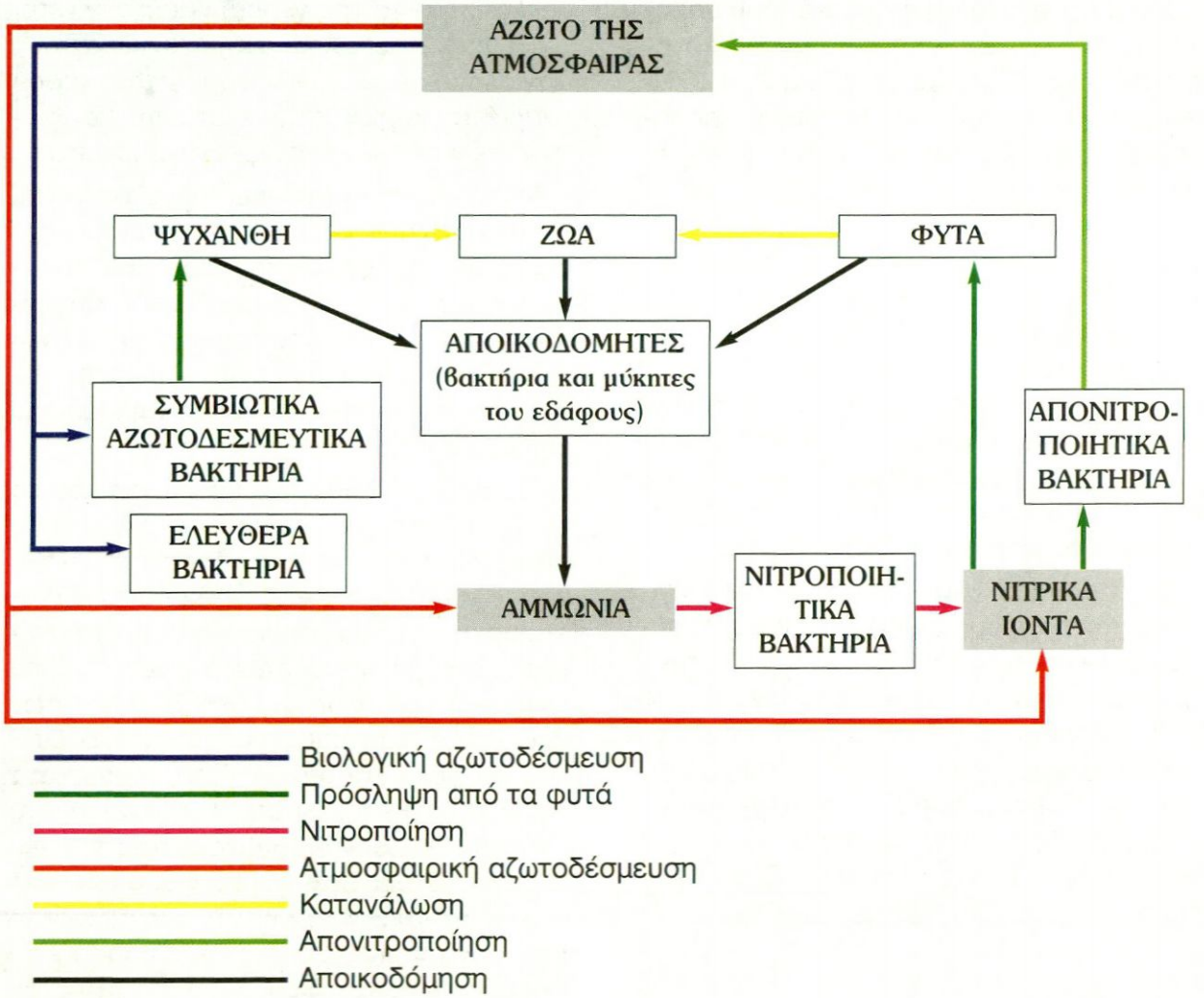


Εικόνα 2.15: Φυμάτια αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων στις ρίζες των ψυχανθών

Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα που προσλαμβάνουν από το έδαφος (είτε με τη διαδικασία της ατμοσφαιρικής είτε με αυτήν της βιολογικής αζωτοδέσμευσης) προκειμένου να συνθέσουν τις αζωτούχες ενώσεις τους όπως τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα. Το άζωτο που περιέχεται στις ουσίες αυτές διακινείται μέσω των τροφικών αλυσίδων στις διάφορες τάξεις των καταναλωτών προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πρωτεϊνών.

Όμως τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα εγκαταλείπουν στο έδαφος νεκρή οργανική ύλη (καρπούς, φύλλα, νεκρά σώματα, τρίχωμα κτλ.) που φυσικά περιέχει άζωτο. Τα ζώα επιπροσθέτως αποβάλλουν αζωτούχα προϊόντα του μεταβολισμού τους, όπως είναι η ουρία, το ουρικό οξύ και τα περιττώματα. Όλες αυτές οι ουσίες διασπώνται από τους αποικοδομητές του εδάφους μέσα από μια διαδικασία που καταλήγει στην παραγωγή αμμωνίας. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφιστάμενη τη δράση των **νιτροποιητικών** βακτηρίων του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. Έτσι κλείνει ένας κύκλος αζώτου στο εσωτερικό του οικοσυστήματος.

Πώς όμως επανέρχεται το άζωτο που έχει απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα πίσω σ' αυτήν; Την εργασία αυτή την αναλαμβάνουν τα **απονιτροποιητικά** βακτήρια του εδάφους με τη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 2.16: Ο κύκλος του αζώτου

Παρέμβαση του ανθρώπου στον κύκλο του αζώτου

Ο άνθρωπος επηρεάζει τον κύκλο του αζώτου εισάγοντας αζωτούχα λιπάσματα στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους. Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν για το σκοπό αυτό περιττώματα ζώων (κοπριά). Για παράδειγμα, στην Τήνο με τους υπέροχους περιστεριώνες χρησιμοποιούσαν τις κουτσουλιές των περιστεριών ως κύριο λίπασμα, ενώ στη Χιλή χρησιμοποιούνταν ευρέως τα περιττώματα των ψαροφάγων πουλιών (γκουανό).

Εικόνα 2.17: Περιστεριώνας στην Τήνο

Μετά την ανακάλυψη της μεθόδου παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων από το ατμοσφαιρικό άζωτο, τα οργανικά φυσικά λιπάσματα αντικαταστάθηκαν από τα βιομηχανικά, που μάλιστα χρησιμοποιούνται σε τεράστιες ποσότητες. Ωστόσο λιγότερο από το ένα τρίτο της εκάστοτε προστιθέμενης στο έδαφος ποσότητας προσλαμβάνεται από τα καλλιεργούμενα φυτά. Το υπόλοιπο παρασύρεται από τη βροχή και καταλήγει στα γλυκά ή στα θαλασσινά νερά οδηγώντας στο φαινόμενο του **ευτροφισμού**, που θα γνωρίσουμε στη συνέχεια. Ο ευτροφισμός βέβαια προκαλείται και με την απόρριψη στα υδάτινα οικοσυστήματα τεράστιων ποσοτήτων αστικών λυμάτων.

Οι δύο πιο οικολογικοί τρόποι εμπλουτισμού του εδάφους σε άζωτο είναι η αγρανάπαυση και η αμειψισπορά. Την ιδιότητα των ψυχανθών να φέρουν στις ρίζες τους αζωτοδεσμευτικά βακτήρια αξιοποιεί η παραδοσιακή γεωργική πρακτική της αμειψισποράς. **Αμειψισπορά** είναι η εναλλαγή στην καλλιέργεια σιτηρών και ψυχανθών, έτσι ώστε το έδαφος να εμπλουτίζεται με άζωτο και να μην εξασθενεί.

2.3.3 Ο κύκλος του νερού

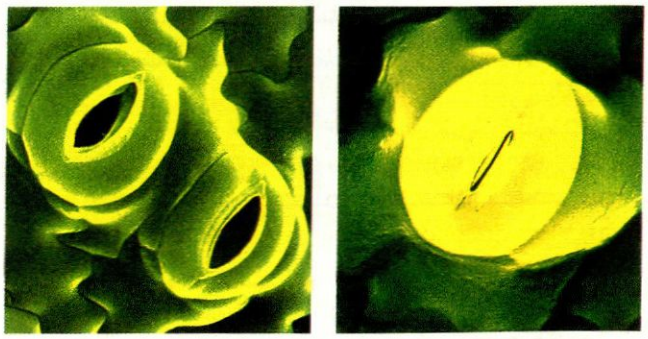
Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους. Είναι το μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των αυτότροφων οργανισμών. Το νερό αποτελεί σημαντικό τμήμα των ζωντανών ιστών (το 75% του νωπού βάρους τους) και συμβάλλει στη θερμορρύθμιση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών. Χρησιμοποιείται επίσης στη φωτοσύνθεση των φυτικών οργανισμών.

Αν και η ποσότητα του νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα δεν είναι μεγάλη, εντούτοις το νερό, χάρη στην κινητικότητά του, κυκλοφορεί συνεχώς στον υδρολογικό κύκλο (ή κύκλο του νερού) και έτσι γίνεται διαθέσιμο στα οικοσυστήματα και στους οργανισμούς. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις.

Με την **εξάτμιση** το νερό απομακρύνεται με τη μορφή υδρατμών από οποιαδήποτε επιφάνεια. Η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια των φύλλων ονομάζεται **επιδερμική εξάτμιση** και διακρίνεται από τη **διαπνοή**, που είναι η απομάκρυνση του νερού μέσω των στομάτων, των πόρων δηλαδή της επιδερμίδας των φύλλων.

Το νερό του εδάφους, που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους. Φθάνοντας το νερό στα φύλλα απομακρύνεται με τη διαπνοή από τα στόματά τους, μέσω των οποίων γίνεται επίσης η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ των φυτών και της ατμόσφαιρας (είσοδος διοξειδίου του άνθρακα και αποβολή οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση, αντίστροφα κατά την αναπνοή). Η διαπνοή, αποτελώντας την «κινητήρια δύναμη» για τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων στο εσωτερικό των φυτικών οργανισμών, συνδέεται αναπόσπαστα με τους βιογεωχημικούς κύκλους των στοιχείων που εισέρχονται στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων με πύλη εισόδου τα φυτά.

Με τις **κατακρημνίσεις** (δηλαδή τη βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) το νερό απομακρύ-



Εικόνα 2.18: Ανοικτά και κλειστά στόματα φύλλου φυτού

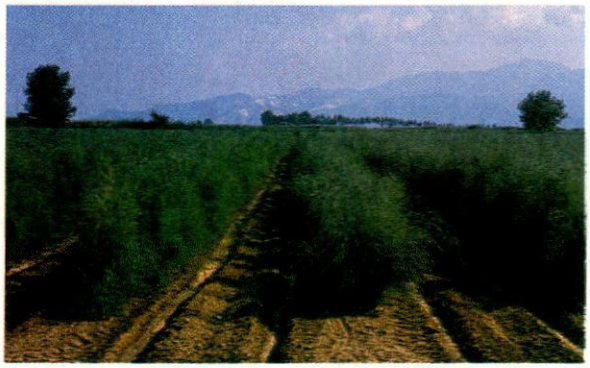
νεται από την ατμόσφαιρα και γίνεται διαθέσιμο στα υδάτινα και στα χερσαία οικοσυστήματα.

Η ανταλλαγή του νερού μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας αποτελεί ένα σχετικά απλό μηχανισμό, καθώς περιλαμβάνει μόνο τις διαδικασίες της εξάτμισης και των κατακρημνίσεων. Αντιθέτως, το τμήμα του κύκλου που αφορά την ξηρά είναι περισσότερο πολύπλοκο, διότι σ' αυτήν οι πιθανές πορείες του νερού είναι περισσότερες. Το νερό που πέφτει στην ξηρά μπορεί:

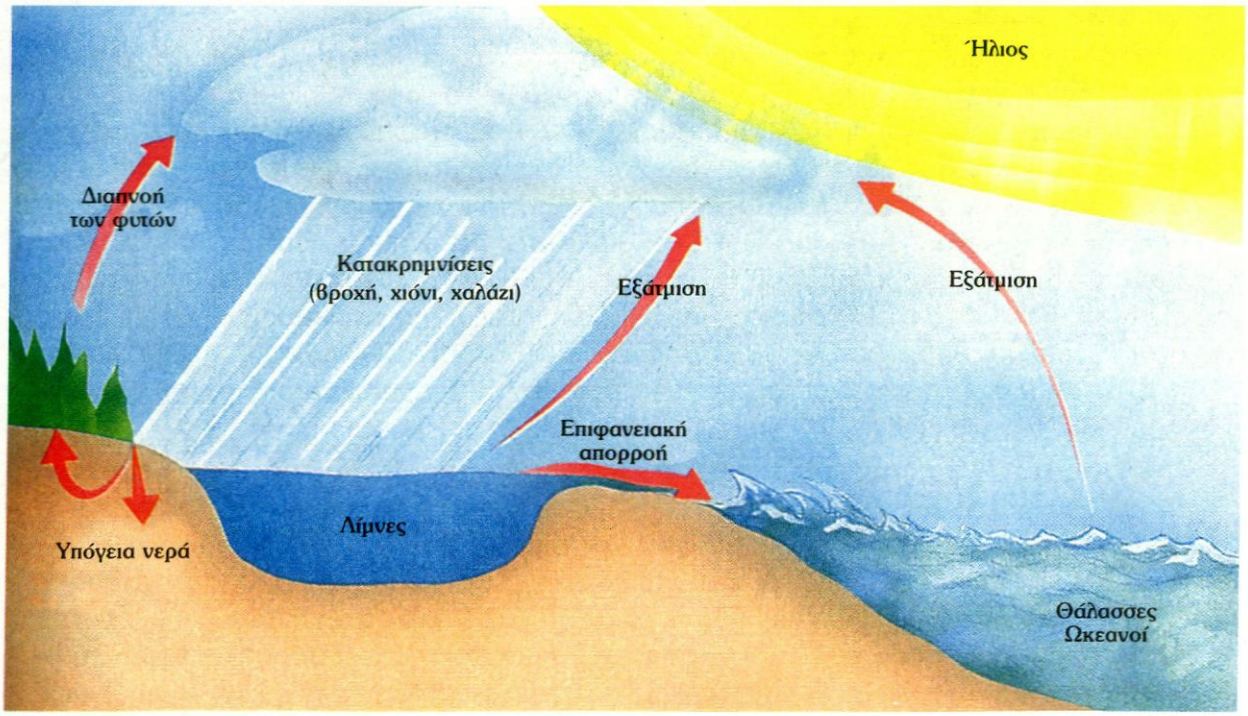
- Να εξατμιστεί.
- Να εισχωρήσει στο υπέδαφος και στο σύστημα των υπόγειων υδάτων.
- Να προσληφθεί από τα φυτά και να απομακρυνθεί με τη διαπνοή.
- Να απομακρυνθεί με την επιφανειακή απορροή από το χερσαίο περιβάλλον.

Τα φυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Σε μικρές λεκάνες απορροής, όπου αφαιρέθηκαν όλα τα δέντρα, ο όγκος του επιφανειακού νερού αυξήθηκε πάνω από 200%. Το νερό αυτό κατέληξε στη θάλασσα, ενώ, αν είχε διεισδύσει στο έδαφος, θα είχε αποδοθεί πίσω στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή.

Τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα απομακρύνουν και τα θρεπτικά συστατικά τα οποία με μακροχρόνιες διαδικασίες γίνονται διαθέσιμα στους οργανισμούς. Αυτά τα συστατικά θα καταλήξουν τελικά στους υδάτινους αποδέκτες. Γι' αυτό το λόγο τα δέλτα των ποταμών εμφανίζουν πολύ υψηλή παραγωγικότητα.



Εικόνα 2.19: Καλλιέργειες στο δέλτα του Νέστου



Εικόνα 2.20: Ο κύκλος του νερού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οικοσυστήματα τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο. Η ενέργεια που δεσμεύεται από τους παραγωγούς, αφού μετατραπεί σε χημική, «ρέει» μονόδρομα, μέσω των τροφικών αλυσίδων, στα διάφορα επίπεδα καταναλωτών και στους αποικοδομητές. Αντίθετα όμως με την ενέργεια, η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη, καθώς ο πλανήτης δέχεται ελάχιστα ποσά ύλης από το Διάστημα (μετεωρίτες κτλ.). Για το λόγο αυτό τα χημικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των χημικών ενώσεων πρέπει να κυκλοφορούν, ώστε να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των βιογεωχημικών κύκλων.

Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε γλυκόζη. Ένα μέρος της γλυκόζης, αλλά και άλλων ενώσεων που συντίθενται από τους παραγωγούς, χρησιμοποιείται κατά την κυτταρική αναπνοή προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών των παραγωγών. Από το υπόλοιπο μέρος της οργανικής ύλης που έχει παραχθεί από τους παραγωγούς ένα μέρος μεταβιβάζεται, ως τροφή, στους καταναλωτές, ενώ ένα άλλο καταλήγει ως νεκρή οργανική ύλη στο έδαφος και γίνεται τροφή για τους αποικοδομητές μαζί με τη νεκρή οργανική ύλη ζωικής προέλευσης. Στους παραγωγούς, στους καταναλωτές και στους αποικοδομητές η οργανική ύλη οξειδώνεται, με αποτέλεσμα αφ' ενός την απελευθέρωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφ' ετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων και η καταστροφή των δασών αυξάνουν τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί σε δυσμενείς κλιματικές μεταβολές.

Το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, όπου αποτελεί το 78% κ.ό., αλλά δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή. Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς. Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική. Κατά την ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με τους υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα. Η βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται από ελεύθερους ή συμβιωτικούς μικροοργανισμούς. Σημαντικότερα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια είναι αυτά που ζουν συμβιωτικά στις ρίζες των ψυχανθών.

Τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα εγκαταλείπουν στο έδαφος νεκρή οργανική ύλη και απεκκρίσεις που περιέχουν άζωτο. Όλες αυτές οι ουσίες διασπώνται από τους αποικοδομητές του εδάφους μέσα από μια διαδικασία που καταλήγει στην παραγωγή αμμωνίας. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφιστάμενη τη δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα, τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. Τα απονιτροποιητικά βακτήρια του εδάφους με τη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, κλείνουν τον κύκλο του αζώτου. Ο άνθρωπος επηρεάζει τον κύκλο του αζώτου εισάγοντας

αζωτούχα λιπάσματα στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους. Μεγάλες ποσότητες όμως από αυτά τα λιπάσμα-τα καταλήγουν στα υδάτινα οικοσυστήματα προκαλώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους. Είναι το μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των αυτότροφων οργανισμών. Το νερό αποτελεί σημαντικό τμήμα των ζωντανών ιστών και συμβάλλει στη θερμορρύθμιση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών. Χρησιμοποιείται επίσης στη φωτοσύνθεση των οργανισμών. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις. Ο κύκλος του νερού είναι πιο πολύπλοκος στα χερσαία από ό,τι στα υδάτινα οικοσυστήματα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Βιογεωχημικοί κύκλοι	Αζωτοδεσμευτικά βακτήρια
Φωτοσύνθεση	Νιτροποιητικά βακτήρια
Γλυκόζη	Απονιτροποιητικά βακτήρια
Κυτταρική αναπνοή	Νιτρικά ιόντα
Αζωτοδέσμευση	Εξάτμιση
Βιολογική αζωτοδέσμευση	Διαπνοή
Ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση	Κατακρημνίσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

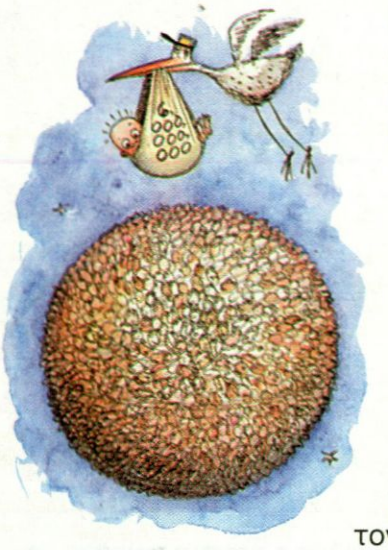
1. Το άζωτο βρίσκεται σε τεράστια ποσότητα στην ατμόσφαιρα (78%). Καθώς η μεγάλη πλειονότητα των αυτότροφων οργανισμών είναι ανίκανη να το χρησιμοποιήσει σ' αυτή την αέρια μοριακή μορφή (N_2), απαιτείται η μετατροπή του σε εύληπτη μορφή. Να περιγράψετε τη διαδικασία με την οποία γίνεται αυτή η μετατροπή.

2. Περιγράψτε συνοπτικά τον κύκλο του νερού. Είναι πιο πολύπλοκος επάνω από τους ωκεανούς ή επάνω από την ξηρά και γιατί;

2.4 Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Ο ανθρώπινος πληθυσμός, από την εμφάνισή του στη Γη μέχρι πριν από 10.000 χρόνια περίπου, αυξανόταν με εξαιρετικά χαμηλούς ρυθμούς. Η Γεωργική Επανάσταση έδωσε την πρώτη μεγάλη ώθηση στην αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Το πέρασμα του ανθρώπου από την ιδιότητα του τροφοσυλλέκτη - κυνηγού σ' αυτήν του γεωργού - κτηνοτρόφου αύξησε την ποσότητα των παραγόμενων τροφίμων. Έτσι μειώθηκε ο έλεγχος που ασκούσε η ανεπάρκεια της τροφής στο μέγεθος του πληθυσμού, επιτρέποντας την αύξησή του για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας.

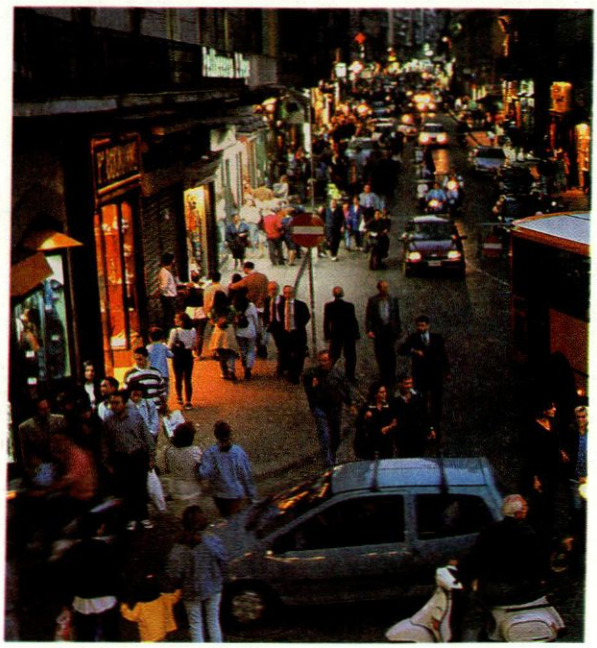
Η δεύτερη και πολύ μεγαλύτερη ώθηση δόθηκε πριν από 200 περίπου χρόνια και υπήρξε αποτέλεσμα της Βιομηχανικής Επανάστασης. Η εποίκηση αραιοκατοικημένων ηπείρων, η βελτίωση των συνθηκών υγιεινής, οι εξελίξεις στην Ιατρική και στη Βιολογία (εμβόλια, αντιβιοτικά), που πέτυχαν τη μείωση της παιδικής θνησιμότητας και την αύξηση της διάρκειας ζωής, ήταν οι κύριοι λόγοι που απογείωσαν αριθμητικά τον ανθρώπινο πληθυσμό στα 6.000.000.000 το 1999. Αυτή όμως η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού προκαλεί προβλήματα που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων, τη διανομή τους και βέβαια τις καταστροφές στο περιβάλλον.



Οι σημερινές τάσεις δείχνουν μια σχετική επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού (ίσως για πρώτη φορά μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση) και οι πλέον αισιόδοξοι προβλέπουν σταθεροποίησή του στα 9 με 14 δισεκατομμύρια κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα.

Σήμερα, σε παγκόσμιο επίπεδο, ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται ετησίως κατά 1,8% περίπου. Επειδή όμως οι άνθρωποι που προστίθενται σε έναν πληθυσμό θα αποκτήσουν με τη σειρά τους κάποιους απογόνους, μια αύξηση της τάξης του 2% δεν ισοδυναμεί με απλή πρόσθεση 2 ατόμων στα 100. Στην πραγματικότητα, οι πληθυσμοί αυξάνονται με τρόπο ανάλογο μ' αυτόν που αυξάνονται οι καταθέσεις μας σε μια Τράπεζα. Ο ρυθμός της πληθυσμιακής αύξησης αντιστοιχεί στο επιτόκιο των καταθέσεων. Όπως οι τόκοι προστίθενται στο αρχικό κεφάλαιο, το οποίο ανατοκίζεται, έτσι και τα 2 νέα άτομα προστίθενται στα 100 του αρχικού πληθυσμού και επομένως τα 102 πλέον άτομα αυξάνονται με τη σειρά τους με ρυθμό 2%.

Είναι πιθανόν ο ρυθμός αυτού του μεγέθους να φαίνεται μικρός. Όμως μ' αυτό το ρυθμό ένας πληθυσμός θα διπλασιαστεί μέσα σε 35 χρόνια. Για παράδειγμα, αν η Αθήνα έχει τώρα 4 εκατομμύρια κατοίκους,



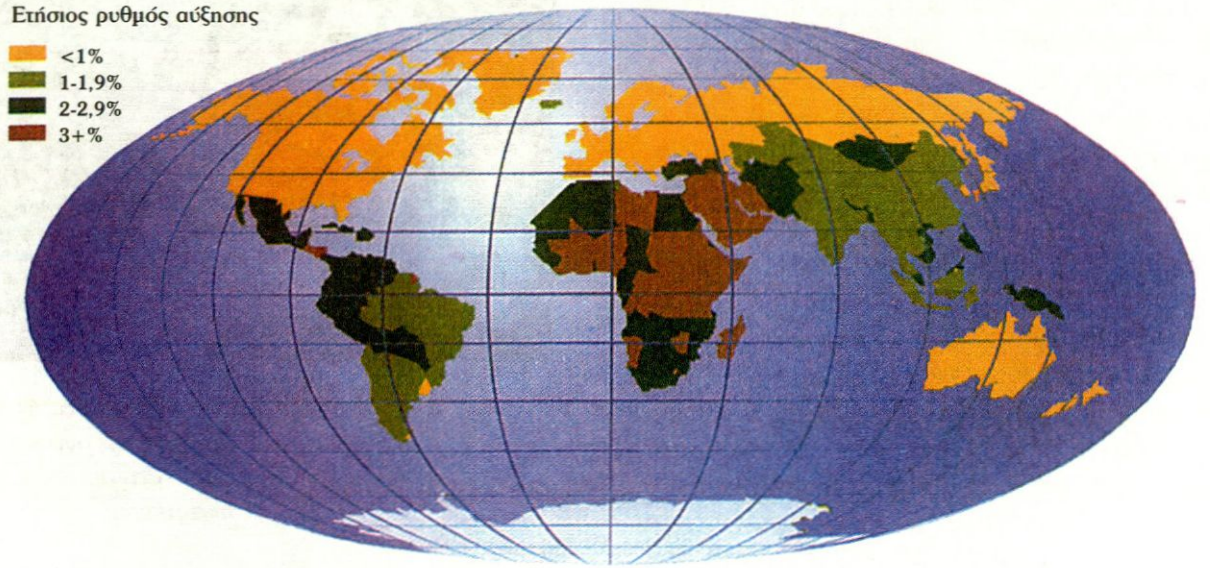
Εικόνα 2.21: Οι άνθρωποι συρρέουν στις πόλεις.

με ρυθμό αύξησης 2% ετησίως θα φθάσει τα 8 εκατομμύρια!

Οι αναπτυγμένες χώρες χαρακτηρίζονται από μεγάλη παραγωγή και κατανάλωση αγαθών, με συνέπεια τη ρύπανση και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Οι αναπτυσσόμενες χώρες μαστίζονται από την πείνα, τις αρρώστιες και την έλλειψη αγαθών ζωτικής σημασίας όπως φαρμάκων ή νερού. Σε πολλές χώρες, για να βρεθεί καλλιεργήσιμη γη, καταστρέφονται τα τροπικά δάση. Και ενώ θα περίμενε κανείς η αύξηση του πληθυσμού να είναι ταχύτερη στις αναπτυγμένες χώρες, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.

Η πληθυσμιακή αύξηση παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από χώρα σε χώρα. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες ο πληθυσμός αυξάνεται ετησίως με ρυθμό 3% ή και μεγαλύτερο, που σημαίνει ότι διπλασιάζεται κάθε 23 χρόνια. Αντίθετα, στις αναπτυγμένες χώρες είναι μικρότερος του 1% (με χρόνο διπλασιασμού τα 70 ή περισσότερα χρόνια) ή και μηδενικός. Ουσιαστικά ο κόσμος είναι χωρισμένος σε δύο μεγάλες ομάδες: στα κράτη με χαμηλούς ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού τους (με μέσο όρο 0,8%) και σ' αυτά με υψηλούς ρυθμούς αύξησης (με μέσο όρο 2,5%).

Αυτή η διαφορά ερμηνεύεται από οικονομολόγους και κοινωνιολόγους με βάση τη θεωρία της δημογραφικής μετάπτωσης. Σύμφωνα με αυτήν, οι γεννήσεις μειώνονται (παρά τις περί του αντιθέτου προσπάθειες της πολιτείας), καθώς αυξάνεται η ευμάρεια της οικογένειας και εκμηδενίζεται η εξάρτησή της από την εργασία των παιδιών για την κάλυψη στοιχειωδών αναγκών της. Καθώς αυξάνεται ο πλούτος, οι άνθρωποι τείνουν να αποκτούν λιγότερα παιδιά, έστω κι αν υπάρχουν επιδόματα για τους πολύτεκνους, έστω κι αν αυξάνονται οι βρεφονηπιακοί σταθμοί ή άλλες παροχές και εξυπηρετήσεις. Οι άνθρωποι στις βιομηχανοποιημένες, αναπτυγμένες χώρες τείνουν να «επενδύουν» περισσότερο, με όρους χρόνου και χρήματος, στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής τους, των ίδιων και των παιδιών τους. Αντίθετα, στις αγροτικές κοινωνίες η απόκτηση πολλών παιδιών σημαίνει περισσότερα εργατικά χέρια που θα βοηθούν την οικογένεια. Το να είσαι παιδί στον Τρίτο Κόσμο δεν είναι, δυστυχώς, το ίδιο με το να είσαι παιδί στον αναπτυγμένο



Εικόνα 2.22: Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού δεν είναι παντού ίδια.

Ο κόσμος σε αριθμούς

Εάν ήταν δυνατόν να συρρικνώσουμε τον πληθυσμό της Γης σε 100 άτομα, θα βρίσκαμε:

57 Ασιάτες,
21 Ευρωπαίους,
14 Αμερικανούς,
8 Αφρικανούς.

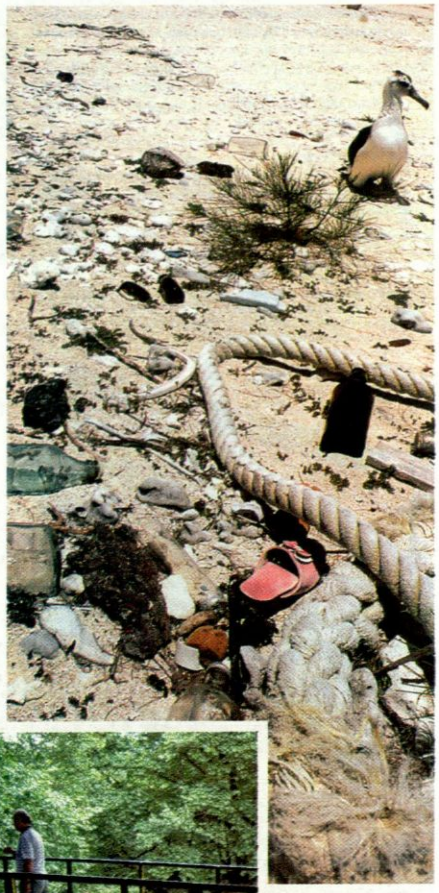
- 70 από αυτούς τους εκατό ανθρώπους θα ήταν αναλφάβητοι.
- 50 θα υπέφεραν από υποσιτισμό.
- 80 θα ζούσαν σε υποβαθμισμένες κατοικίες.
- 1 θα είχε πανεπιστημιακή μόρφωση.

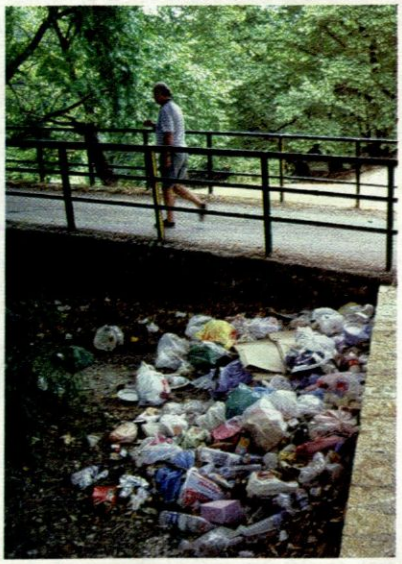
Αυτό και μόνο το υποθετικό παράδειγμα αρκεί για να καταδειχτεί η ανισότητα στην κατανομή των φυσικών πόρων (τροφή), στην ποιότητα ζωής και στις δυνατότητες για μόρφωση που υπάρχουν στον πλανήτη.

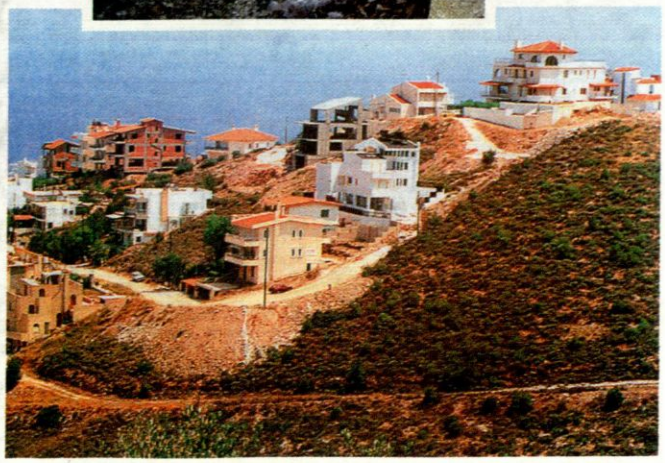
κόσμο.

Πολλές προσπάθειες για έλεγχο των γεννήσεων γίνονται σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και ιδιαίτερα σε κάποιες χώρες (π.χ. Κίνα), ώστε να μειωθεί ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού. Αυτό συμβαίνει επειδή η μεγάλη πληθυσμιακή αύξηση δεν οδηγεί σε οικονομικά ή άλλα οφέλη, καθώς τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από αυτή διογκώνονται μάλλον παρά λύνονται. Για παράδειγμα, η πληθυσμιακή αύξηση των πόλεων σε πολλές χώρες (αναπτυγμένες ή μη) γίνεται με ρυθμό μεγαλύτερο του 3%, καθώς οι άνθρωποι συρρέουν σ' αυτές προς αναζήτηση καλύτερης ζωής. Οι πόλεις του χθες όμως δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού τους. Αυτή η αδυναμία προκαλεί, σε κοινωνικό επίπεδο, τεράστιες εντάσεις και διάσπαση των συνεκτικών δεσμών μιας κοινωνίας. Επιπλέον, σε περιβαλλοντικό επίπεδο, προκαλεί τεράστια προβλήματα ρύπανσης, υποβάθμισης του περιβάλλοντος και τελικά, παρά τη φαινομενική ευμάρεια, υποβιβασμό της ποιότητας ζωής του ανθρώπου.

Εικόνα 2.23: Το Χονγκ-Κονγκ είναι μία από τις πολυπληθέστερες πόλεις του κόσμου. Οι άνθρωποι ζουν κάτω από άθλιες συνθήκες στοιβαγμένοι σε ελάχιστα τετραγωνικά μέτρα.







2.4.1 Άνθρωπος και περιβαλλοντικά προβλήματα

Η πρόοδος των επιστημών, και ιδιαιτέρως της Βιολογίας και της Ιατρικής, προσέθεσε στο οπλοστάσιο του ανθρώπου πανίσχυρα όπλα για τη διάγνωση και τη θεραπεία των ασθενειών, με αποτέλεσμα τη μείωση της θνησιμότητας. Τα επιτεύγματα της τεχνολογικής ανάπτυξης σε πολλούς τομείς βελτίωσαν εντυπωσιακά τα δεδομένα και την ποιότητα της ζωής του ανθρώπου.

Αυτή όμως η θετική εξέλιξη είχε περιβαλλοντικό κόστος, γιατί συνοδεύτηκε από την αλαζονική αντίληψη ότι ο άνθρωπος μπορεί να εκμεταλλεύεται χωρίς όρους και χωρίς όρια τον πλανήτη, αδιαφορώντας για τις περιβαλλοντικές συνέπειες των επιλογών του. Κατά τη μεταπολεμική εποχή ωστόσο, και κυρίως τις τρεις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα, αποκαλύφθηκαν το μέγεθος των προβλημάτων και η αδυναμία των τεχνολογικών μέσων να τα αντιμετωπίσουν. Μερικοί, χρησιμοποιώντας ανθρωποκεντρικούς όρους, είπαν ότι «η φύση εκδικείται». Στην πραγματικότητα η φύση δεν εκδικείται. Απλώς, όπως ισχύουν κάποιοι νόμοι στη Φυσική και στη Χημεία, έτσι ισχύουν και στη Βιολογία και στη συνολική λειτουργία της φύσης. Κι όταν παραβιάζονται αυτοί οι νόμοι, η φύση απορρυθμίζεται και οι συνέπειες μπορεί να είναι δραματικές τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον ίδιο τον άνθρωπο που αποτελεί μέρος του.

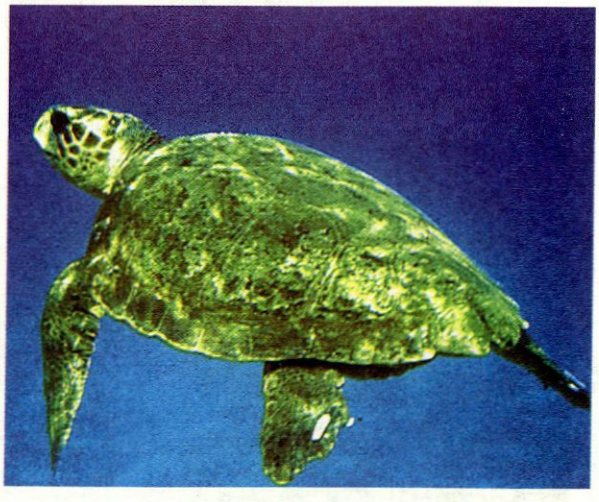
Ανάμεσα στα σοβαρότερα προβλήματα που έχει προκαλέσει η αλαζονική συμπεριφορά με την οποία ο άνθρωπος διαχειρίστηκε το περιβάλλον του περιλαμβάνονται η μείωση της βιοποικιλότητας, η ερημοποίηση και η ρύπανση (εδάφους, νερού, αέρα).

Εικόνα 2.24: Ο άνθρωπος αδιαφορεί για τις περιβαλλοντικές συνέπειες των επιλογών του.

2.4.2 Μείωση της βιοποικιλότητας

Ο όρος **«βιοποικιλότητα»** αποδίδεται στην ποικιλία του φαινομένου της ζωής σε κάθε επίπεδο οργάνωσής της, από τα γονίδια, τα χρωμοσώματα και τους οργανισμούς ως τα είδη, τις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Με μια βιαστική θεώρηση των πραγμάτων θα μπορούσε να οδηγηθεί κανείς στο συμπέρασμα ότι η ποικιλία αυτή αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μια αδικαιολόγητη σπατάλη της φύσης. Όπως όμως είδαμε στην εισαγωγή του κεφαλαίου, κάτι τέτοιο δεν είναι αληθές. Όσο περισσότερο πολύπλοκο είναι ένα οικοσύστημα, όσο δηλαδή περισσότερα είναι τα διαφορετικά είδη οργανισμών που υπάρχουν σ' αυτό, τόσο περισσότερες και πολυπλοκότερες είναι και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα το οικοσύστημα να είναι σταθερότερο, γιατί αυξάνονται οι ευνοϊκές συνθήκες για διατήρηση της ισορροπίας του.

Δυστυχώς όμως η διαχείριση της βιόσφαιρας από τον άνθρωπο έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας. Πράγματι, πληροφορούμαστε συχνά από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης την εξαφάνιση σπάνιων φυτικών και ζωικών ειδών. Από εκτιμήσεις που έχουν γίνει από διεθνείς οργανισμούς και περιβαλλοντικές οργανώσεις υπολογίσιμο ότι, με τους σημερινούς ρυθμούς απωλειών, ένα σημαντικό μέρος των υπαρ-



Εικόνα 2.25: Μερικά από τα απειλούμενα είδη στην Ελλάδα: καφετιά αρκούδα, θαλάσσια χελώνα, μεσογειακή φώκια, γυπαετός

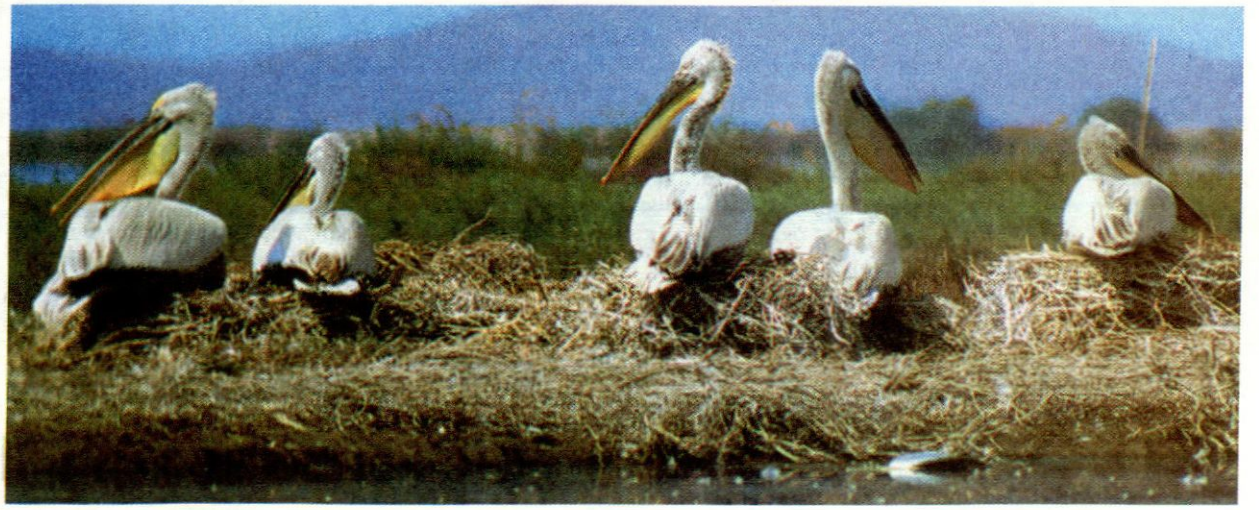
χόντων ειδών του πλανήτη θα έχει εξαφανιστεί ή συρρικνωθεί σε μικρούς πληθυσμούς πριν από τα μέσα του 21ου αιώνα.

Κύριο αίτιο της εξαφάνισης των ειδών είναι η καταστροφή ή η αλλοίωση των περιοχών στις οποίες αυτά μπορούν να επιβιώσουν. Μεταξύ των βιότοπων που έχουν υποστεί αλλοίωση ή καταστροφή περιλαμβάνονται οι υγρότοποι και τα τροπικά δάση.

Υγρότοποι: Αποτελούν βιότοπους οι οποίοι βρίσκονται στο όριο μεταξύ χερσαίων και υδάτινων περιοχών και χαρακτηρίζονται από αβαθή, μόνιμα ή εποχικά, νερά. Υγρότοποι όπως το δέλτα ποταμών, οι αβαθείς λίμνες, τα ποτάμια, τα έλη, οι λιμνοθάλασσες κ.ά. διακρίνονται για τη μεγάλη παραγωγικότητά τους, που τους κάνει ιδανικούς για την επιβίωση ενός πλήθους οργανισμών, στους οποίους περιλαμβάνονται έντομα, πουλιά, ερπετά, αμφίβια, ψάρια. Παράλληλα, τα άφθονα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν ευνοούν την ανάπτυξη μιας πλούσιας υδρόβιας και χερσαίας χλωρίδας.

Ωστόσο τα τελευταία 50 χρόνια η εκτεταμένη ανθρώπινη παρέμβαση, δηλαδή οι αποξηράνσεις και τα άλλα εγγειοβελτιωτικά έργα με σκοπό τη μετατροπή των υγρότοπων σε γεωργική γη, οι διευθετήσεις χειμάρρων και κοιτών ποταμών με συνέπεια τις μεταβολές στον κύκλο του νερού και η υπερβολική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που καταλήγουν σ' αυτούς παρασυρόμενα από τη ροή των επιφανειακών νερών, έχει αφανίσει τους υγρότοπους ή έχει διαταράξει σοβαρά τη λειτουργία τους. Μεταξύ των οργανισμών που έχουν πληρώσει ακριβά το κόστος αυτών των διαταραχών περιλαμβάνονται τα μεταναστευτικά πουλιά, τα οποία χρησιμοποιούν τους υγρότοπους ως ενδιάμεσους σταθμούς στα ταξίδια τους ή ως τόπους διαχείμασης.

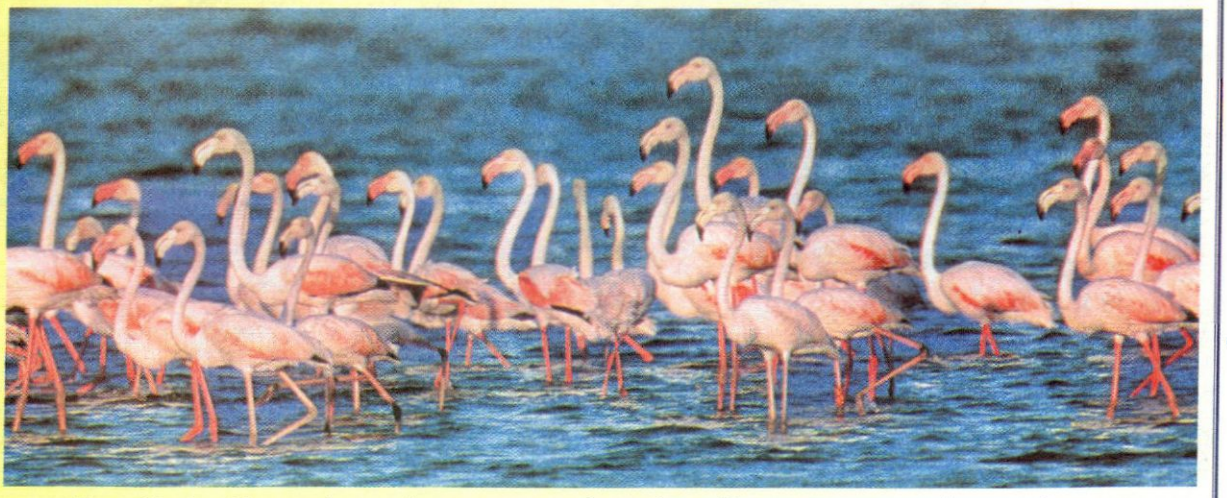
Εικόνα 2.26: Νούφαρα στη Μικρή Πρέσπα



Εικόνα 2.27: Αργυροπελεκάνοι στη λιμνοθάλασσα της Λογαρού (Αμβρακικός Κόλπος)

Οι προστατευόμενοι υγρότοποι στην Ελλάδα

Η αναγνώριση των τεράστιων απωλειών των υγρότοπων σε παγκόσμια κλίμακα οδήγησε σε σοβαρές προσπάθειες αναστροφής αυτής της εξέλιξης. Η αρχή έγινε το 1971 με τη συνθήκη Ramsar (από την ομώνυμη πόλη της Περσίας στην οποία υπογράφηκε η συνθήκη). Τη συνθήκη αυτή, που στόχο έχει την προστασία των υγρότοπων, της χλωρίδας και της πανίδας τους, υπέγραψε και η Ελλάδα. Η χώρα μας έχει εντάξει 11 υγρότοπους (ή αθροίσματα επιμέρους υγρότοπων) στον κατάλογο υγρότοπων Ramsar (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι οι μόνοι αξιόλογοι υγρότοποι). Αυτοί είναι: 1) το δέλτα του Έβρου, 2) η λίμνη Ισμαρίδα και οι λιμνοθάλασσες της Ροδόπης, 3) η λίμνη Βιστονίδα και το Πόρτο Λάγος, 4) το δέλτα του Νέστου, 5) η τεχνητή λίμνη της Κερκίνης, 6) οι λίμνες Βόλβη και Κορώνεια (λίμνες Λαγκαδά), 7) το δέλτα των ποταμών Αξιού - Λουδία - Αλιάκμονα και η Αλυκή του Κίτρους (Πιερία), 8) η λίμνη Μικρή Πρέσπα, 9) ο Αμβρακικός Κόλπος, 10) η λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου και 11) η λιμνοθάλασσα Κοτύχι και το δάσος της Στροφυλιάς.



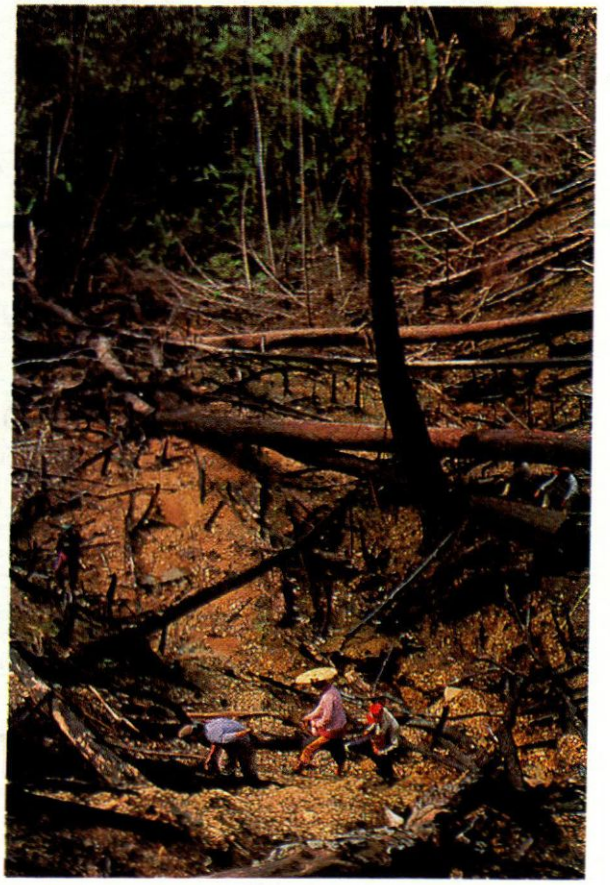
Σε πολλούς ελληνικούς υγρότοπους μπορεί κανείς να δει τα εντυπωσιακά φοινικόπτερα.

Εικόνα 2.28: Τα τροπικά δάση είναι τα πιο πλούσια σε ποικιλία οικοσυστήματα του πλανήτη μας.

Τροπικά δάση: Τα τροπικά δάση είναι τα πιο πλούσια σε ποικιλία οικοσυστήματα του πλανήτη μας, αφού φιλοξενούν ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών οργανισμών. Παρ' όλο που τα εδάφη τους είναι φτωχά, η βλάστησή τους είναι πλούσια. Διαθέτουν το 65% του συνόλου των γνωστών φυτικών ειδών. Η αποικοδόμηση στα δάση αυτά είναι ταχύτατη, λόγω της επικράτησης υψηλών θερμοκρασιών και υγρασίας. Όμως όλα τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά επαναπροσλαμβάνονται από τα φυτά και τα εδάφη των δασών αυτών παραμένουν φτωχά.

Επειδή γύρω από τα τροπικά δάση ζουν μεγάλοι ανθρώπινοι πληθυσμοί και οι ανάγκες για γεωργική γη είναι τεράστιες, δημιουργήθηκε η εντύπωση ότι τα εδάφη τους πρέπει να είναι ιδιαίτερα εύφορα, μια και μπορούν να στηρίζουν τόσο πλούσια βλάστηση. Έτσι τα δάση αυτά παραδόθηκαν στη φωτιά προκειμένου να δημιουργηθεί καλλιεργήσιμη γη. Όταν όμως έγινε αντιληπτό ότι το έδαφός τους είναι φτωχό, οι καλλιέργειες εγκαταλείφθηκαν και το οικοσύστημα, μη έχοντας τη δυνατότητα να επανέλθει στην προγενέστερη κατάσταση, συνέχισε να υποβαθμίζεται, μέχρι που έγινε εντελώς άγονο.

Η αποψίλωση των τροπικών δασών, που γίνεται με σκοπό την εξασφάλιση γεωργικής γης, την επέκταση των πόλεων, την υλοτόμηση ή τη διάνοιξη δρόμων, συμβαίνει με τόσο υψηλό ρυθμό, ώστε σε ετήσια βάση να χάνεται έκταση ίση με το μισό της έκτασης της Ελλάδας.



Εικόνα 2.29: Αποψίλωση των τροπικών δασών

Η σημασία των τροπικών δασών

«Τα τελευταία πενήντα χρόνια η συνολική έκταση των τροπικών δασών έχει μειωθεί στο μισό. Χιλιάδες ζωικά και φυτικά είδη χάνονται ανεπιστρεπτί και πολύ περισσότερα απειλούνται με εξαφάνιση. Από πολύ παλιά ο άνθρωπος συνήθιζε να αντλεί μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών και τροφών από τα τροπικά φυτά. Το καουτσούκ, πρώτη ύλη για την κατασκευή των ελαστικών, προέρχεται από τα καουτσουκόδεντρα της Βραζιλίας, οι πατάτες ανάγουν την προέλευσή τους από τα υψίπεδα της Νότιας Αμερικής. Μεγάλο μέρος του σύγχρονου καθημερινού διαιτολογίου προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τα τροπικά δάση (από τις μπανάνες και τα αβοκάντο μέχρι τη βανίλια, το κακάο και τον καφέ).

Αλλά και η Ιατρική οφείλει μεγάλο μέρος των φαρμακευτικών ουσιών που χρησιμοποιεί στα τροπικά δάση, από το κινίνο μέχρι το αντισυλληπτικό χάπι. Το κινίνο προέρχεται από το φλοιό του δέντρου Cinchona officinalis, που φυτρώνει στα δάση της Νότιας Αμερικής, και μάλιστα οι φαρμακευτικές του ιδιότητες ήταν από πολύ παλιά γνωστές στους Ινδιάνους της Βολιβίας και του Περού. Ένας από τους πρώτους τύπους αντισυλληπτικού χαπιού παρασκευάστηκε με βάση τα στεροειδή που εξάγονται από το μεξικανικό φυτό γιαμ. Στα τροπικά δάση οφείλουμε ένα πλήθος αναλγητικών, χωνευτικών, ηρεμιστικών και άλλων φαρμακευτικών προϊόντων της σύγχρονης Ιατρικής.

Αν και στις ημέρες μας τα περισσότερα δραστικά φαρμακευτικά συστατικά παράγονται στα εργοστάσια, το 20% των παρασκευασμάτων που βρίσκουμε στα φαρμακεία παράγεται από πρώτες ύλες που προέρχονται από τα τροπικά δάση. Στις χώρες του Τρίτου Κόσμου το 70% των θεραπευτικών μεθόδων που ακολουθούνται βασίζεται στην παραδοσιακή "βοτανική" Ιατρική.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα οι ερευνητές έχουν μελετήσει μόνο το 1% από τα 100.000 (και πλέον) είδη φυτών των τροπικών δασών προκειμένου να διαπιστώσουν την ύπαρξη ουσιών με πιθανή φαρμακευτική δράση. Όπως λένε πολλοί από αυτούς, "οι δυνατότητες για το μέλλον είναι απεριόριστες, φτάνει οι χημικοί και οι φαρμακολόγοι να φτάσουν στα τροπικά δάση πριν από τις μπουλντόζες και τα αλυσοπρίονα".

Ο διάσημος καρδιοχειρουργός Μαγκντί Γιακούμπ είπε σε μια συνέντευξη, το 1989, για τη σημασία της βιοποικιλότητας: "Το είδος των επεμβάσεων που κάνουμε θα ήταν αδύνατο χωρίς φάρμακα όπως το Tubocuranine, το Digoxin και το Cyclosporin, που προέρχονται από βότανα και φυτά των τροπικών δασών. Αλλά, πέρα από τις πρακτικές χρήσεις των φυτών, δε θα πρέπει να ξεχνάμε και τους ηθικούς και συναισθηματικούς λόγους για τη σωτηρία τους". Και συνέχισε πως, κάθε φορά που επιστρέφει στο σπίτι του μετά από μια δύσκολη εγχείρηση ανοιχτής καρδιάς, βρίσκει ηρεμία και γαλήνη στο μικρό θερμοκήπιο με ορχιδέες που έχει στην αυλή του».

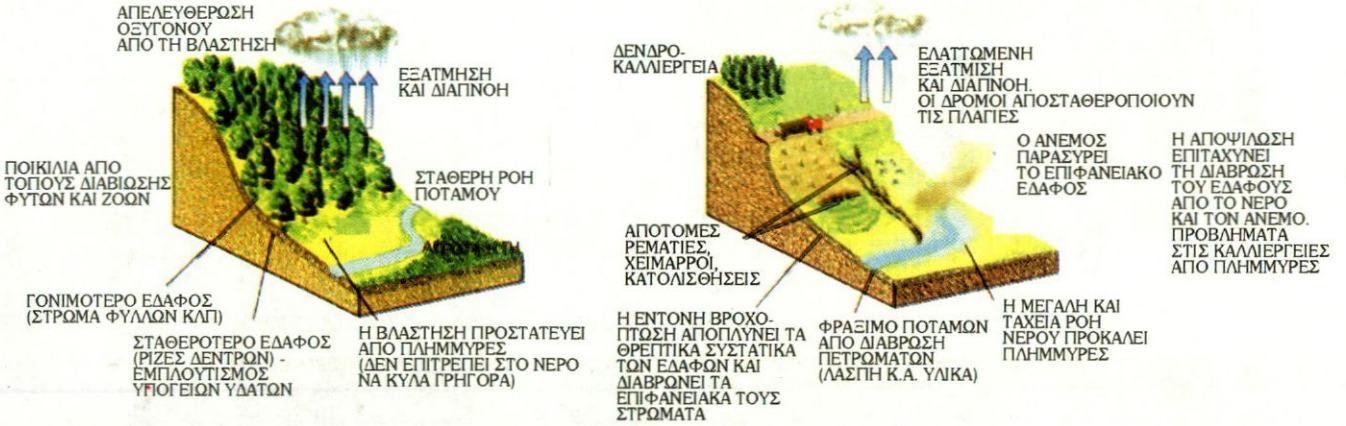
Από το άρθρο του Μάρτιν Γκέτλιχ *Η κρίση της βιοποικιλότητας*.

2.4.3 Ερημοποίηση

Φυσιολογικά, τα ερημικά οικοσυστήματα βρίσκονται εκεί όπου η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή. Οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από άγονα εδάφη, μικρή παραγωγικότητα και μικρή βιομάζα συναντώνται και σε περιοχές όπου τα χαρακτηριστικά του κλίματος θα επέτρεπαν πλούσια βλάστηση. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων παρεμβάσεων οι οποίες οδηγούν στην ερημοποίηση.

Οι λόγοι για τους οποίους ένα οικοσύστημα μπορεί να ερημοποιηθεί είναι:

- η καταστροφή του από την **όξινη βροχή**,
- η **αποψίλωση**, όπως στην περίπτωση των τροπικών δασών που αναφέρθηκε προηγουμένως,
- οι **πυρκαγιές** και η **υπερβόσκηση** στα μεσογειακά οικοσυστήματα.



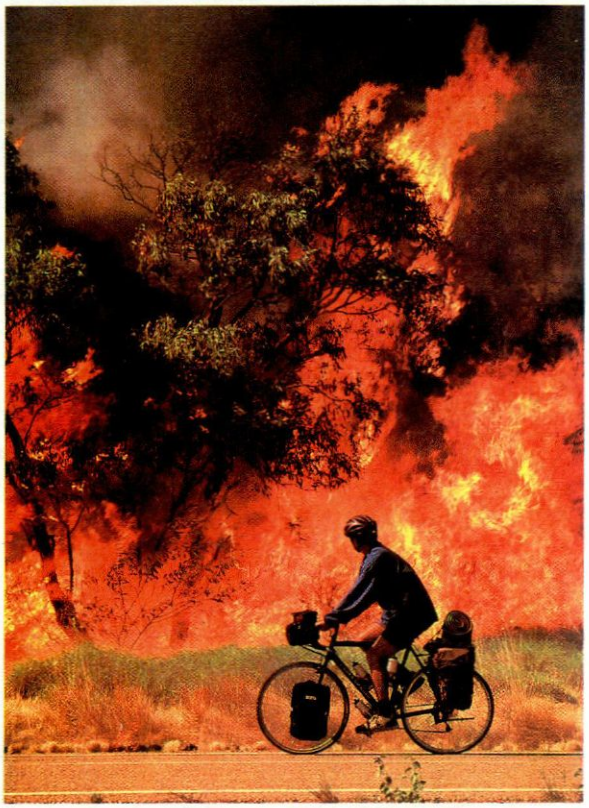
Εικόνα 2.30:

Με την καταστροφή των φυτών παύει το έδαφος να συγκρατείται από τις ρίζες τους. Οι βροχές σχηματίζουν χειμάρρους που παρασύρουν το χώμα στους ποταμούς, στις θάλασσες και στις λίμνες. Η διάβρωση οδηγεί σε ένα γυμνό από χώμα φλοιό και η περιοχή ερημοποιείται.

Πυρκαγιές στα μεσογειακά οικοσυστήματα

Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από αλληλοδιαδοχή ενός υγρού και σχετικά ήπιου θερμοκρασιακά χειμώνα με ένα θερμό και ξερό καλοκαίρι που ευνοεί την εκδήλωση της φωτιάς λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, της μεγάλης ξηρασίας και της συσσώρευσης μη αποικοδομημένων ξερών φύλλων στο έδαφος.

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα μπορούν να επανακάμψουν σε λιγότερο από δέκα χρόνια, γιατί οι οργανισμοί τους έχουν προσαρμοστεί στην περιοδική εμφάνιση της φωτιάς αναπτύσσοντας συγκεκριμένους μηχανισμούς αναγέννησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο σχηματισμός νέων βλαστών και φύλλων από υπόγειους οφθαλμούς, η αυξημένη φύτρωση σπερμάτων που διασκορπίστηκαν λόγω της φωτιάς κ.ά. Δυστυχώς όμως οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να συμβάλουν στην ε-



πανάκαμψη ενός μεσογειακού οικοσυστήματος, όταν αυτό έχει καεί επανειλημμένα και όταν μετά τη φωτιά επιχειρούνται ανασταλτικές επεμβάσεις όπως η βόσκηση.

Μία από τις συνέπειες της φωτιάς είναι ότι αυξάνεται η διάβρωση του εδάφους, αφού καταστρέφονται τα φυτά που θα το συγκρατούσαν με τις ρίζες τους. Όταν μάλιστα η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη και ακολουθήσουν καταρρακτώδεις βροχές, τότε η διάβρωση του εδάφους γίνεται ακόμη μεγαλύτερη και τελικά οδηγεί σε βαθμιαία κατάρρευση των οικοσυστημάτων και ερημοποίηση.

Εικόνα 2.31: Φωτιά σε ένα μεσογειακό οικοσύστημα

Εικόνα 2.32: Καπνός από φωτιά στη Σάμο (07/08/2000), όπως φαίνεται από δορυφόρο.

2.4.4 Ρύπανση

Ρύπανση είναι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με κάθε παράγοντα (ρύπο) που έχει βλαπτικές επιδράσεις στους οργανισμούς. Στους ρύπους ανήκουν συγκεκριμένες χημικές ουσίες και διάφορες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα, ο ήχος και οι ακτινοβολίες.

Στις περισσότερες περιπτώσεις κριτήριο για την απειλή που συνιστά ένας ρύπος για το περιβάλλον δεν είναι τόσο η ποιότητά του όσο ο ρυθμός με τον οποίο προστίθεται σε ένα οικοσύστημα. Για το λόγο αυτό είναι δυνατό μια αβλαβής σε μικρές συγκεντρώσεις ουσία να καταστεί απειλητική, αν ο ρυθμός εισαγωγής της στο οικοσύστημα είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απομάκρυνσης ή αδρανοποίησής της από τους ειδικούς μηχανισμούς αποκατάστασης της ισορροπίας που διαθέτουν όλα τα οικοσυστήματα. Ανάλογα, είναι δυνατόν μια τοξική ουσία να είναι ανίκανη να προκαλέσει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν απομακρύνεται ή αδρανοποιείται με μεγαλύτερο ρυθμό από ό,τι εισάγεται στο οικοσύστημα.

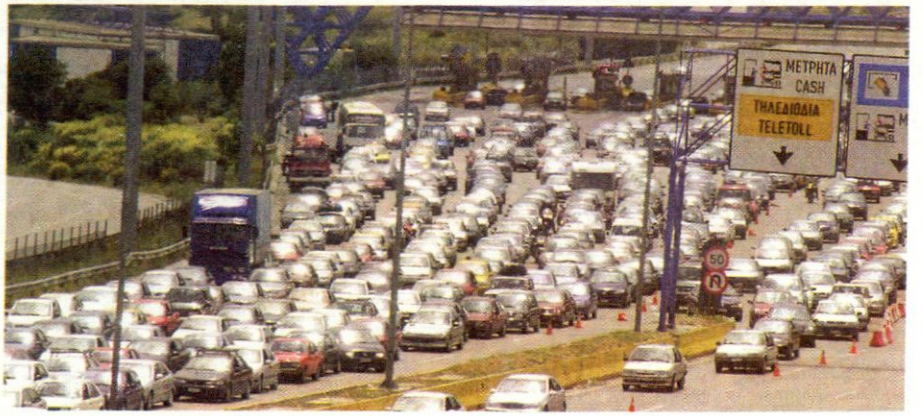
Η ρύπανση, ανάλογα με το τμήμα της βιόσφαιρας που πλήττει, διακρίνεται σε **ατμοσφαιρική**, σε **ρύπανση των υδάτων** και σε **ρύπανση του εδάφους**. Η διάκριση όμως αυτή δεν πρέπει να θεωρείται απόλυτη, καθώς οι διάφορες μορφές ρύπανσης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Εικόνα 2.33: Ατμοσφαιρική ρύπανση από βιομηχανική μονάδα

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η απαρχή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα έγινε από τότε που ο άνθρωπος των σπηλαίων ανακάλυψε τη φωτιά. Η συστηματική όμως επιβάρυνση της ατμόσφαιρας ξεκίνησε κατά τη Βιομηχανική Επανάσταση με την εντατική καύση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων και πετρελαίου). Η επιβάρυνση αυτή υποβοηθήθηκε από την ανέγερση μεγάλων βιομηχανικών μονάδων στις πόλεις, σε συνδυασμό με την αλματώδη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και τη συγκέντρωσή του σ' αυτές.

Κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα η κατάσταση επιδεινώθηκε με τη συνεχιζόμενη εκ-



Εικόνα 2.34: Η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδεινώθηκε με τη μαζική χρήση του αυτοκινήτου.

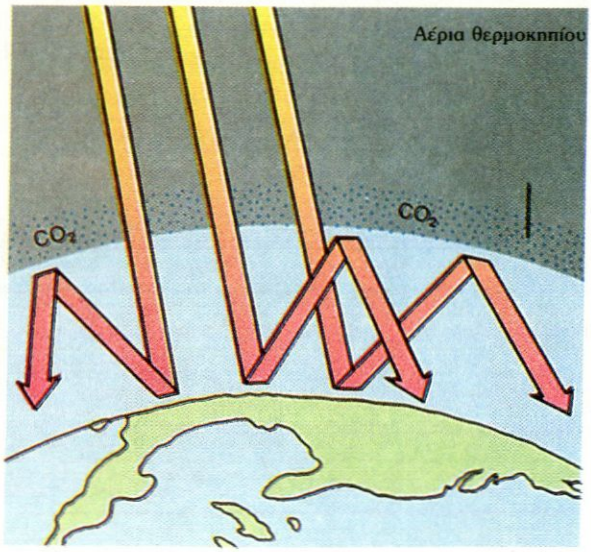
πομπή αέριων βιομηχανικών ρύπων και με τη μαζική χρήση του αυτοκινήτου.

Τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι:

- **Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.** Η ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια της Γης απορροφάται κατά ένα μέρος από αυτήν, ενώ κατά ένα άλλο μέρος εκπέμπεται πίσω στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Από το σύνολο της ακτινοβολίας αυτής ένα μέρος δεσμεύεται από το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί στην ήπια αύξηση της θερμοκρασίας της. (Σημειώνεται ότι, αν δε δεσμευόταν η υπέρυθρη ακτινοβολία, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν -20 °C, αντί για τη μέση θερμοκρασία των 15 °C που είναι ευνοϊκή για τη ζωή). Το υπόλοιπο διαπερνά την ατμόσφαιρα και διαφεύγει στο διάστημα, με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η υπερθέρμανση του πλανήτη μας. Ωστόσο εξαιτίας της υπέρμετρης καύσης ορυκτών καυσίμων η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί. Έτσι όμως αυξάνεται και το ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που δεσμεύεται από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της. Επειδή η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που προστίθεται στην ατμόσφαιρα αυξάνεται με ρυθμό 0,3% το χρόνο, πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι το 2040 η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας θα έχει αυξηθεί κατά 5 °C. Αν η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιωθεί, τότε οι σοβαρές κλιματικές μεταβολές που θα προκύψουν θα έχουν δραματικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η τήξη των πολικών πάγων θα οδηγήσει σε ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και επομένως στην απώλεια μεγάλων χερσαίων εκτάσεων οι οποίες θα καλυφθούν από το νερό. Είναι επίσης πιθανό πολλές γόνιμες περιοχές να μετατραπούν σε άγονες και αντίστροφα.

Πάντως, αν και είναι απαραίτητο να μειωθούν, σε παγκόσμιο επίπεδο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καμία πρόβλεψη προς το παρόν δεν μπορεί να είναι απόλυτα ακριβής. Κι αυτό γιατί δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή η πολυπλοκότητα των ατμοσφαιρικών φαινομένων και ιδιαίτερα ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν οι παράγοντες που ευθύνονται για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη με τους μηχανισμούς που την εξισορροπούν.

Την ονομασία «φαινόμενο του θερμοκηπίου» την καθιέρωσε το 1822 ο Γάλλος μαθηματικός Φουριέ, θεωρώντας πως ο μηχανισμός με τον οποίο αυξάνεται η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι παρόμοιος με αυτόν που αυξάνει τη θερμοκρασία σε ένα θερμοκήπιο. Και στις δύο περιπτώσεις ο αέρας που θερμαίνεται από τις ηλιακές ακτίνες (οι οποίες περνούν από την ατμόσφαιρα και το τζάμι αντίστοιχα) παγιδεύεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.



Εικόνα 2.35: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Εικόνα 2.36: Η ατμοσφαιρική ρύπανση απειλεί τη ζωή μας.

• **Το φωτοχημικό νέφος.** Το νέφος που κάλυψε το Λονδίνο το 1952 ήταν ένα αέριο μείγμα διοξειδίου του θείου και άλλων προϊόντων ατελούς καύσης των ορυκτών καυσίμων. Αντίθετα, το νέφος του Λος Άντζελες, με το χαρακτηριστικό καφετί χρώμα, που συχνά γίνεται αντιληπτό και στην ατμόσφαιρα της Αθήνας, προκαλείται από την αντίδραση μιας σειράς ουσιών, οι οποίες παράγονται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης (αυτοκινήτων, αεροπλάνων, εργοστασίων), με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στις ουσίες αυτές, που ονομάζονται **πρωτογενείς ρύποι**, συγκαταλέγονται τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και διάφοροι υδρογονάνθρακες. Στα προϊόντα της αντίδρασής τους, τους **δευτερογενείς ρύπους**, ανήκουν το όζον και το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN). Από τους πρωτογενείς ρύπους το μονοξείδιο του άνθρακα παρεμποδίζει, σε υψηλές συγκεντρώσεις, τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς, γιατί ανταγωνίζεται το οξυγόνο για την ειδική θέση σύνδεσης στο μόριο της αιμοσφαιρίνης. Τα οξείδια του αζώτου προκαλούν καταστροφές στους ιστούς των πνευμόνων και εξασθενίζουν την αντίσταση του οργανισμού στην πνευμονία, ενώ η έκθεση, για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε χαμηλές συγκεντρώσεις τους είναι υπεύθυνη για την πρόκληση εμφυσήματος. Μερικοί από τους υδρογονάνθρακες που περιέχονται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως το βενζοπυρένιο, έχουν καρκινογόνο δράση.

Από τους δευτερογενείς ρύπους το όζον επηρεάζει τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος κατά παρόμοιο τρόπο με τα οξείδια του αζώτου, ενώ το PAN ερεθίζει τα μάτια. Οι ρύποι αυτοί, εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου, προκαλούν σημαντικές καταστροφές στα φυσικά οικοσυστήματα.

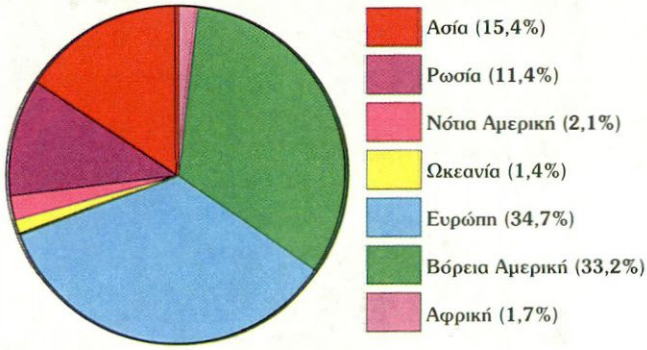
• **Η εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος.** Αν και το όζον στα κατώτερα επίπεδα της ατμόσφαιρας αποτελεί ρύπο, στα ανώτερα επίπεδα της ατμόσφαιρας, σε ύψος 15 με 30 Km (κατώτερη στρατόσφαιρα), σχηματίζει μια στιβάδα που διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στη διατήρηση της ζωής, καθώς απορροφά ένα σημαντικό μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή έχει θανατηφόρο δράση στους μονοκύτταρους οργανισμούς, προκαλεί μεταλλάξεις στο DNA, προκαλεί καταρράκτη και καρκίνο του δέρματος.

Από τη δεκαετία του 1970 παρατηρήθηκε μια βαθμιαία εξασθένηση της στιβάδας του

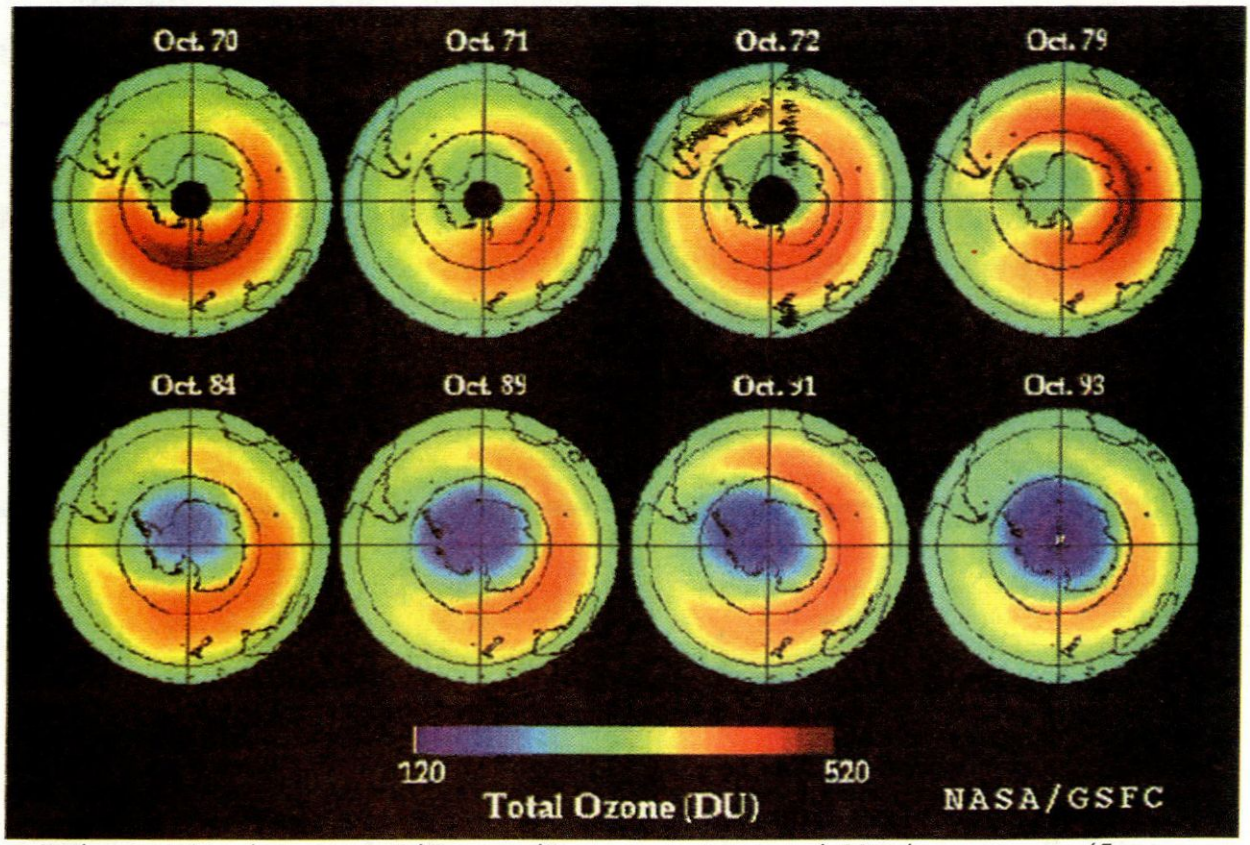
Εικόνα 2.37: Μελάνωμα, καρκίνος του δέρματος

όζοντος που στα μέσα της δεκαετίας του 1980 οδήγησε στη δημιουργία μιας τρύπας πάνω από την Ανταρκτική. Από τις έρευνες οι οποίες επακολούθησαν διαπιστώθηκε ότι αιτία για την εξασθένηση αυτή είναι οι **χλωροφθοράνθρακες** (εμπορική ονομασία freon), που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά υγρά στα ψυγεία και στα κλιματιστικά και ως προωθητικά αέρια στα σπρέι. Εξαιτίας της ελάττωσης του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη γίνεται όλο και μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η πιθανότητα για τις δυσμενείς επιπτώσεις της στους οργανισμούς.

Από το 1994 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, προκειμένου να αναστραφεί η συνεχιζόμενη εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος, αποφάσισε την απαγόρευση της παραγωγής χλωροφθορανθράκων και την αντικατάστασή τους από υδροφθοράνθρακες που δεν περιέχουν το καταστρεπτικό για το όζον χλώριο.



Εικόνα 2.38: Χρήση CFCs σε διάφορα μέρη του κόσμου το 1990



Εικόνα 2.39: Η μείωση της στιβάδας του όζοντος στην Ανταρκτική. Με κόκκινο παρουσιάζονται οι υψηλές και με μπλε οι χαμηλές συγκεντρώσεις.

Σκεφτείτε...

Ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα σήμερα είναι η λεγόμενη «τρύπα του όζοντος». Συνδυάζοντας τις γνώσεις σας για την τρύπα του όζοντος με αυτά που μάθατε για τον καρκίνο, αιτιολογήστε τις επιπτώσεις του φαινομένου αυτού στην υγεία του ανθρώπου.

• **Η όξινη βροχή.** Η ηφαιστειακή δραστηριότητα, οι διεργασίες αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών από τα βακτήρια του εδάφους και κυρίως η καύση υγρών καυσίμων απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα διάφορα οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου. Τα αέρια αυτά, αφού πρώτα μετατραπούν, με την επίδραση των υδρατμών της ατμόσφαιρας, σε νιτρικό και θειώδες οξύ αντίστοιχα, επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης διαλυμένα στο νερό της βροχής, στο χιόνι, στην ομίχλη ή στο χαλάζι.

Όταν οι συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών δεν είναι αυξημένες, το νιτρικό και το θειώδες οξύ που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής την καθιστούν ελαφρά όξινη, καθώς έχει τιμή γύρω στο 5,6 pH.

Στις περιοχές όμως στις οποίες η ατμόσφαιρα έχει επιβαρυνθεί με μεγάλες συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών, είτε διότι γίνεται εντατική καύση υγρών καυσίμων είτε διότι οι ρύποι αυτοί έχουν μεταφερθεί με τον άνεμο, μεγαλώνει και η ποσότητα του νιτρικού και του θειώδους οξέος που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής. Έτσι όμως η βροχή γίνεται περισσότερο όξινη, καθώς η τιμή του pH της μπορεί να πέσει αρκετά κάτω από το 5. Εξαιτίας του φαινομένου της όξινης βροχής καταστρέφεται το φύλλωμα των δέντρων, ελαττώνεται η γονιμότητα του εδάφους και θανατώνονται οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων.

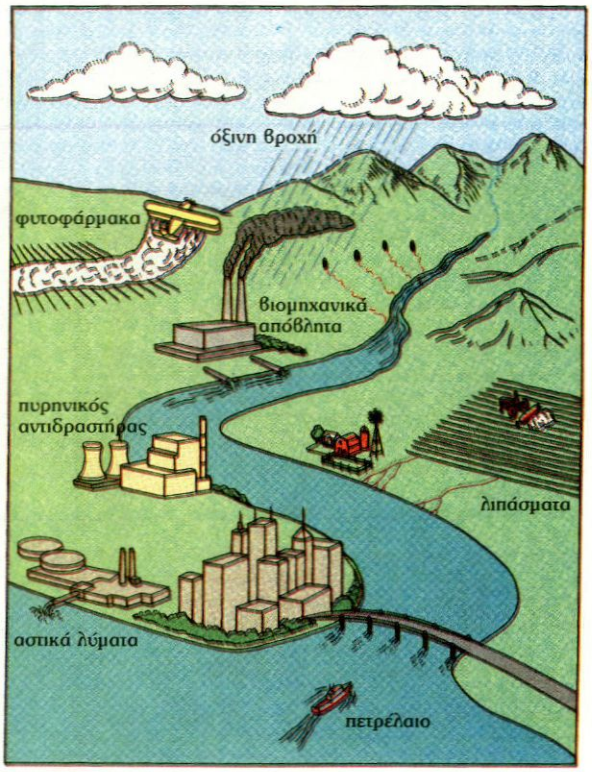
Εικόνα 2.40: Η όξινη βροχή καταστρέφει τα δάση στη Βόρεια Ευρώπη.

Το ίδιο όμως φαινόμενο προκαλεί καταστροφές και στα ιστορικά αρχιτεκτονικά μνημεία και στα έργα τέχνης που είναι κατασκευασμένα από μάρμαρο, γιατί τα οξέα που περιέχονται στη βροχή διαβρώνουν τις εξωτερικές επιφάνειές τους.

Εικόνα 2.41: Η όξινη βροχή προκαλεί γυψοποίηση των μαρμάρινων αρχιτεκτονικών μνημείων.

Ρύπανση των υδάτων

Το νερό, μετά τον αέρα, αποτελεί το πλέον αναντικατάστατο φυσικό αγαθό. Ωστόσο η ρύπανσή του, δηλαδή κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που το καθιστά ακατάλληλο για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σ' αυτό ή το χρησιμοποιούν, παρακολουθεί την ιστορία του ανθρώπου από τότε που τα λύματα των πρώτων οικισμών του απελευθερώνονταν στα γειτονικά ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες. Πολύ αργότερα η συγκέντρωση των πληθυσμών στις ανεγειρόμενες πόλεις αύξησε την ποσότητα των οργανικών λυμάτων τα οποία παράγονταν από τους κατοίκους τους και προσέθεσε στους ήδη υπάρχοντες ρύπους τις τοξικές ουσίες και τα παραπροϊόντα των χημικών κατεργασιών όπως αυτά της βυρσοδεψίας και της μεταλλουργίας.



Εικόνα 2.42: Αιτίες ρύπανσης των υδάτων

Μεταβολές στην ποιότητα του νερού οι οποίες το καθιστούν ακατάλληλο για τους οργανισμούς προκαλούνται με διάφορους τρόπους. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η ρύπανση του νερού ξεκινά από την αστική και τη βιομηχανική δραστηριότητα της ξηράς και καταλήγει στις θάλασσες, στους ποταμούς και στις λίμνες.

Το θερμό νερό από τις ψυκτικές εγκαταστάσεις των πυρηνικών αντιδραστήρων και των εργοστασίων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, όταν διοχετεύεται σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και επομένως ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένο σ' αυτό.

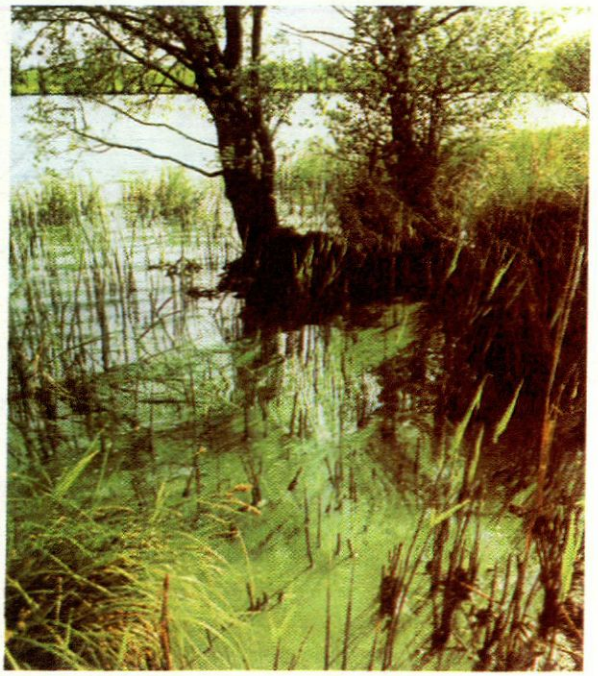
Τα αστικά λύματα που καταλήγουν μέσω των αγωγών αποχέτευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα περιέχουν παραπροϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού (περιττώματα, σωματικές εκκρίσεις) και διάφορες ουσίες καθημερινής χρήσης όπως απορρυπαντικά, προϊόντα καθαρισμού κ.ά. Στις διαταραχές που προκαλούν τα αστικά λύματα στα υδάτινα οικοσυστήματα περιλαμβάνονται η αύξηση του μικροβιακού φορτίου τους, που μπορεί να γίνει αιτία για τη διάδοση σοβαρών νοσημάτων, και το φαινόμενο του **ευτροφισμού**. Όσον αφορά το φαινόμενο αυτό, το υδάτινο οικοσύστημα, αφού δεχτεί τα αστικά λύματα, αλλά και τα λιπάσματα που αποπλένονται από το νερό της βροχής, εμπλουτίζεται με τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα που αυτά περιέχουν. Επειδή όμως οι ουσίες αυτές αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τους υδρόβιους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (φυτοπλαγκτόν), προκαλείται υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού τους. Έτσι αυξάνεται και ο πληθυσμός των μονοκύτταρων ζωικών οργανισμών (ζωοπλαγκτόν) που εξαρτώνται τροφικά από το φυτοπλαγκτόν. Με το θάνατο των πλαγκτονικών οργανισμών συσσωρεύεται νεκρή οργανική ύλη, η οποία με τη σειρά της πυροδοτεί την αύξηση των α-

Στο σύγχρονο κόσμο το σοβαρότερο περιστατικό ρύπανσης του νερού σημειώθηκε στον κόλπο της Μιναμάτα στην Ιαπωνία, όπου μια βιομηχανική μονάδα απελευθέρωνε, από τη δεκαετία του 1930 ως τη δεκαετία του 1960, μεγάλες ποσότητες υδραργύρου στη θάλασσα. Ο υδράργυρος, αφού ενσωματώθηκε στα φύκη του κόλπου, πέρασε στα ψάρια και από εκεί, μέσω της κατανάλωσης, στους κατοίκους του γειτονικού χωριού. Λόγω της δηλητηρίασης από τον υδράργυρο, ως το 1960 είχαν νοσήσει 116 άτομα και είχαν πεθάνει 43.

ποικοδομητών, δηλαδή των βακτηρίων που την καταναλώνουν.

Με την αύξηση όμως των μικροοργανισμών ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου γίνεται πολύ μεγαλύτερος από το ρυθμό παραγωγής του. Έτσι η ποσότητα του οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένη στο νερό γίνεται ολοένα μικρότερη, γεγονός που πλήττει τους ανώτερους οργανισμούς του οικοσυστήματος, όπως τα ψάρια, που πεθαίνουν από ασφυξία.

Σοβαρή πηγή ρύπανσης είναι και η βιομηχανική δραστηριότητα. Στα απόβλητά της περιέχεται ένα πλήθος από διαφορετικές χημικές ουσίες —όπως είναι τα βαρέα μέταλλα (ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, ο ψευδάργυρος κ.ά.), οι οργανικοί διαλύτες και τα πετρελαιοειδή— οι οποίες, όταν εισάγονται στα υδάτινα οικοσυστήματα, διαταράσσουν την ισορροπία τους και εγκυμονούν κινδύνους για τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Ιδιαίτερα τα βαρέα μέταλλα και οι σύνθετες οργανικές ουσίες που δε διαλύονται στο νερό μπορούν να περάσουν μέσω των τροφικών αλυσίδων στον άνθρωπο, με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του.



Εικόνα 2.43: Το πράσινο χρώμα των νερών είναι ένδειξη ευτροφισμού.

Οι πιο τοξικοί όμως ρυπαντές στη βιόσφαιρα είναι τα διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα, και φυσικά τα ραδιενεργά απόβλητα και τα παραπροϊόντα των ραδιενεργών εκρήξεων. Οι ρύποι αυτοί απέκτησαν ιδιαίτερη σημασία μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω της αυξημένης απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον. Το κοινό στοιχείο της επίδρασης των ουσιών αυτών στο περιβάλλον είναι ότι δε διασπώνται (μη βιοδιασπώμενες ουσίες) από τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές, καθώς περνούν από τον έναν κρίκο της τροφικής αλυσίδας στον επόμενο.

Ένα τέτοιο μόριο είναι το εντομοκτόνο DDT. Αν, για παράδειγμα, μια κάμπια φάει φύλλα φυτού που έχει ραντιστεί με DDT, αυτό θα απορροφηθεί από τον οργανισμό της, αλλά, επειδή δε μεταβολίζεται και δε διασπάται, θα συσσωρευτεί στους ιστούς της και φυσικά δε θα αποβληθεί με τις α-

πεκκρίσεις της. Αν ένας κότσυφας καταναλώσει πολλές κάμπιες, τότε το DDT από όλες τις κάμπιες θα συγκεντρωθεί στους ιστούς του. Τελικά, το DDT θα βρεθεί σε ακόμα μεγαλύτερη συγκέντρωση στους ιστούς της κουκουβάγιας, που είναι ο τελικός καταναλωτής.

Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας ονομάζεται **βιοσυσσώρευση**.

Η συσσώρευση των μη βιοδιασπώμενων ουσιών αφορά και τον ίδιο τον άνθρωπο, για τον απλό λόγο ότι συνήθως αποτελεί τον τελευταίο κρίκο σε πολλές διατροφικές αλυσίδες.

Πράγματι, στα μέσα της δεκαετίας του 1960 διαπιστώθηκε ότι, εξαιτίας των τεράστιων ποσοτήτων εντομοκτόνου που είχαν ριφθεί στην αφρικανική ήπειρο τα προηγούμενα χρόνια για την καταπολέμηση του κουνουπιού (που είναι ο φορέας του πλασμωδίου που προκαλεί ελονοσία), ένα πλήθος οργανισμών παρουσίαζε αυξημένη συγκέντρωση DDT στους ιστούς του. Το εκπληκτικό στις έρευνες που επακολούθησαν ήταν ότι το εντομοκτόνο είχε συσσωρευτεί ακόμη και στους πιγκουίνους της Ανταρκτικής και στο μητρικό γάλα των Εσκιμώων. Η συνειδητοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση DDT οδήγησε στην αντικατάστασή του από άλλα βιοδιασπώμενα εντομοκτόνα. Ωστόσο το τίμημα της συσσώρευσής του στους οργανισμούς το έχει ήδη πληρώσει ακριβά το περιβάλλον: η συσσώρευσή του στα αρπακτικά πτηνά καθιστά εύθραυστα τα κελύφη των αυγών τους, με συνέπεια τη δραματική μείωση των ρυθμών αναπαραγωγής τους που μπορεί να τα φέρει στα πρόθυρα της εξαφάνισης.

Ας παρακολουθήσουμε όμως με ένα παράδειγμα πώς αποτυπώνεται ποσοτικά η αύξηση της συγκέντρωσης μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας σε έναν οργανισμό. Έστω ότι σε κάθε κιλό ενός φυτού έχει αποτεθεί 1 mg μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας. Ένα φυτοφάγο, για να αυξήσει τη βιομάζα του κατά 1 κιλό, θα πρέπει να φάει 10 κιλά από το φυτό, τα οποία βεβαίως θα περιέχουν 10 mg της ουσίας. Αφού η ουσία αυτή δεν μπορεί να διασπαστεί και να αποβληθεί από το φυτοφάγο οργανισμό, η συγκέντρωσή της στους ιστούς του θα φτάσει τα 10 mg ανά κιλό. Σε ένα σαρκοφάγο η συγκέντρωση θα γίνει 100 mg ανά κιλό κ.ο.κ. Βλέπουμε λοιπόν ότι η συγκέντρωση μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας αυξάνεται καθώς πηγαίνουμε σε ανώτερα τροφικά επίπεδα.

Τροφικά επίπεδα	Βιομάζα (τόνοι)	Ποσότητα DDT (mg)	Συγκέντρωση DDT (mg/Kg)
Καταναλωτές 3ης τάξης	1	10^6	1000
Καταναλωτές 2ης τάξης	10	10^6	100
Καταναλωτές 1ης τάξης	100	10^6	10
Παραγωγοί	1.000	10^6	1

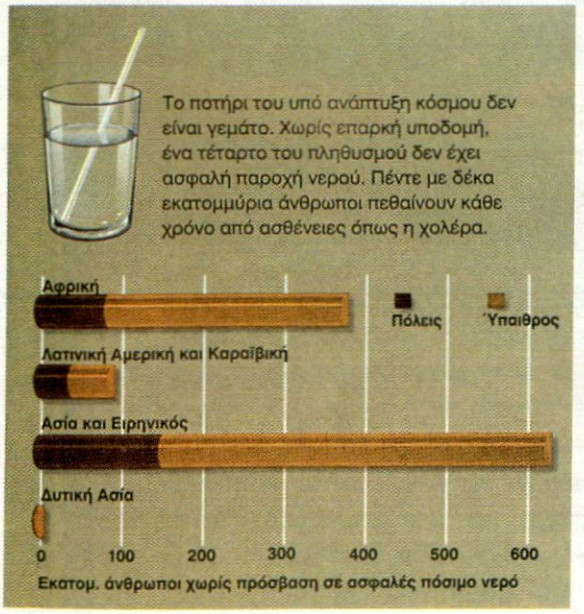
Εικόνα 2.44: Βιοσυσσώρευση

Φυτοφάρμακα και αγρότες

Εντυπωσιακά ήταν τα αποτελέσματα μιας έρευνας του Πανεπιστημίου Κρήτης (το 1988) σχετικά με τον τρόπο που χρησιμοποιούσαν οι αγρότες τα φυτοφάρμακα.

Πιο συγκεκριμένα, το 75% των ερωτηθέντων έπαιρνε ελάχιστες ή και καθόλου προφυλάξεις κατά τη χρήση των φυτοφαρμάκων, δηλαδή δε φορούσε μπότες, γάντια ή μάσκα, δεν άλλαζε ρούχα ούτε έκανε μπάνιο μετά τον ψεκασμό. Οι ερευνητές είχαν την ευκαιρία να δουν με τα μάτια τους την απουσία κάθε προφύλαξης, π.χ. ανακάτεμα φυτοφαρμάκου με το χέρι, φαγητό μετά τον ψεκασμό χωρίς πλύσιμο χεριών ή αλλαγή ρούχων κτλ.

Χαρακτηριστικές ήταν και οι απαντήσεις των αγροτών σχετικά με το πώς αποφάσιζαν για τις αναλογίες και τον τρόπο διάλυσης των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούσαν. Το 65% αποφάσιζε «από πείρα», ενώ μόνο το 35% ρωτούσε γεωπόνο. Η συντριπτική πλειονότητα αυτών που αποφάσιζαν μόνοι τους διάβαζε μεν τις οδηγίες χρήσης, αλλά κατά κανόνα χρησιμοποιούσε πυκνότερα διαλύματα από αυτά που έλεγαν οι οδηγίες.

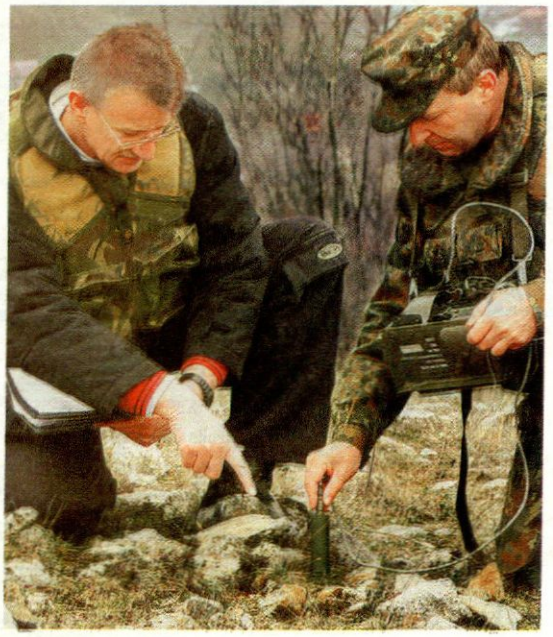


Εικόνα 2.45: Σε κάποια μέρη του κόσμου οι άνθρωποι δεν έχουν νερό να πιουν, ενώ σε άλλα μέρη γίνεται σπατάλη νερού.

Ρύπανση του εδάφους

Εικόνα 2.46: Το επιφανειακό χώμα είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών.

Το έδαφος που καλύπτει μεγάλο μέρος της επιφάνειας του πλανήτη έχει προέλθει από την αποσάθρωση πετρωμάτων η οποία προκαλείται από τον άνεμο, το νερό, τον πάγο και τη δράση των οργανισμών στη διάρκεια δεκάδων ετών. Το λεπτό στρώμα χώματος που καλύπτει την επιφάνεια του εδάφους είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών αλλά και τη δράση των αποικοδομητών. Εξαιτίας όμως της ανθρώπινης δραστηριότητας το έδαφος ρυπαίνεται από τοξικές ουσίες (ραδιενεργά απόβλητα, εντομοκτόνα, βαρέα μέταλλα κ.ά.), με συνέπεια την ερημοποίηση και τη διοχέτευση των τοξικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα ή στα υπόγεια νερά.



Εικόνα 2.47: Η ραδιενεργός ρύπανση ελέγχεται με ειδικούς μετρητές.

Η ρύπανση του εδάφους, παρά το ότι είναι εξίσου σημαντική με τη ρύπανση των υδάτων και συνδέεται μ' αυτήν, άργησε να γίνει αντιληπτή, γιατί προχωρεί με αργότερο ρυθμό από αυτήν.

Ηχορρύπανση

Ο θόρυβος αποτελεί μια μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζει τις αστικές και βιομηχανικές ζώνες και επηρεάζει όχι μόνο το υποδεκτικό όργανο της ακοής του ανθρώπου αλλά και το σύνολο των λειτουργιών του.

Η ένταση του ήχου μετριέται σε ντεσιμπέλ. Ένα ντεσιμπέλ αντιπροσωπεύει την ελάχιστη διαφορά στην ένταση δύο ήχων, ώστε να γίνονται αυτοί διακριτοί από το ανθρώπινο αυτί. Ο ήχος από το θρόισμα των φύλλων έχει ένταση 10 ντεσιμπέλ, ο ψίθυρος έχει ένταση 20 ντεσιμπέλ, ο θόρυβος ενός δρόμου με έντονη κυκλοφορία έχει ένταση 90 ντεσιμπέλ, ενώ ο θόρυβος κατά την απογείωση ενός αεροσκάφους έχει ένταση 150 ντεσιμπέλ. Η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε ήχο έντασης μεγαλύτερο από 85 ντεσιμπέλ είναι ικανή να προκαλέσει απώλεια της ακοής.

Εικόνα 2.48: ο θόρυβος κατά την απογείωση ενός αεροσκάφους έχει ένταση 150 ντεσιμπέλ.

Ο έντονος όμως ήχος επηρεάζει και την ψυχική υγεία των ανθρώπων, καθώς αυξάνει την επιθετικότητά τους, προκαλεί στρες και μειώνει την ικανότητά τους να προσηλώνονται και να λαμβάνουν αποφάσεις. Ταυτόχρονα αυξάνει την αρτηριακή πίεση και την έκκριση των γαστρεντερικών υγρών, μια κατάσταση που μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση έλκους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα επιτεύγματα της τεχνολογικής ανάπτυξης σε πολλούς τομείς βελτίωσαν εντυπωσιακά τα δεδομένα και την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Αυτή όμως η θετική εξέλιξη είχε περιβαλλοντικό κόστος, γιατί συνοδεύτηκε από την αλαζονική αντίληψη ότι ο άνθρωπος μπορεί να εκμεταλλεύεται χωρίς όρους και χωρίς όρια τον πλανήτη, αδιαφορώντας για τις περιβαλλοντικές συνέπειες των επιλογών του. Ανάμεσα στα σοβαρότερα προβλήματα που έχει προκαλέσει η αλαζονική συμπεριφορά με την οποία ο άνθρωπος διαχειρίστηκε το περιβάλλον του περιλαμβάνονται η μείωση της βιοποικιλότητας, η ερημοποίηση και η ρύπανση (εδάφους, νερού, αέρα).

Ο όρος «βιοποικιλότητα» αποδίδεται στην ποικιλία του φαινομένου της ζωής σε κάθε επίπεδο οργάνωσής της, από τα γονίδια, τα χρωμοσώματα και τους οργανισμούς ως τα είδη, τις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Δυστυχώς όμως η διαχείριση της βιόσφαιρας από τον άνθρωπο έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας. Κύριο αίτιο της εξαφάνισης των ειδών είναι η καταστροφή ή η αλλοίωση των περιοχών στις οποίες αυτά μπορούν να επιβιώσουν. Μεταξύ των βιότοπων που έχουν υποστεί αλλοίωση ή καταστροφή περιλαμβάνονται οι υγρότοποι και τα τροπικά δάση.

Τα ερημικά οικοσυστήματα βρίσκονται εκεί όπου η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή. Οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από άγονα εδάφη, μικρή παραγωγικότητα και μικρή βιομάζα συναντώνται και σε περιοχές όπου τα χαρακτηριστικά του κλίματος θα επέτρεπαν πλούσια βλάστηση. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων παρεμβάσεων οι οποίες οδηγούν στην ερημοποίηση. Οι λόγοι για τους οποίους ένα οικοσύστημα μπορεί να ερημοποιηθεί είναι η καταστροφή του από την όξινη βροχή, η αποψίλωση, όπως στην περίπτωση των τροπικών δασών, οι πυρκαγιές και η υπερβόσκηση στα μεσογειακά οικοσυστήματα.

Ρύπανση είναι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με κάθε παράγοντα (ρύπο) που έχει βλαπτικές επιδράσεις στους οργανισμούς. Στους ρύπους ανήκουν συγκεκριμένες χημικές ουσίες και διάφορες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα, ο ήχος και οι ακτινοβολίες. Η ρύπανση, ανάλογα με το τμήμα της βιόσφαιρας που πλήττει, διακρίνεται σε ατμοσφαιρική, σε ρύπανση των υδάτων και σε ρύπανση του εδάφους.

Τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το φωτοχημικό νέφος, η εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος και η όξινη βροχή.

Η ρύπανση των υδάτων είναι δυνατό να προκαλέσει διαταραχές στα υδάτινα οικοσυστήματα, όπως είναι η αύξηση του μικροβιακού φορτίου τους, που μπορεί να γίνει αιτία για τη διάδοση σοβαρών νοσημάτων, και το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η συγκέντρωση στους ιστούς των οργανισμών των τοξικών χημικών ουσιών που δε βιοδιασπώνται αυξάνεται καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας και το φαινόμενο ονομάζεται βιοσυσσώρευση.

Η ρύπανση του εδάφους οφείλεται στις τοξικές ουσίες (ραδιενεργά απόβλητα, εντομοκτόνα, βαρέα μέταλλα κ.ά.) που αποθέτει σ' αυτό ο άνθρωπος, με συνέπεια την ερημοποίηση και τη διοχέτευση των τοξικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα ή στα υπόγεια νερά.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Βιοποικιλότητα	Φαινόμενο θερμοκηπίου
Υγρότοποι	Φωτοχημικό νέφος
Τροπικά δάση	Στιβάδα όζοντος
Ερημοποίηση	Όξινη βροχή
Αποψίλωση	Ρύπανση υδάτων
Πυρκαγιές	Ευτροφισμός
Υπερβόσκηση	Βιοσυσσώρευση
Ατμοσφαιρική ρύπανση	Ρύπανση εδάφους
Ρύποι	Ηχορρύπανση

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Από μετρήσεις που έγιναν σε λίμνη βρέθηκε μικρή συγκέντρωση εντομοκτόνου DDT στο φυτοπλαγκτόν και πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση του ίδιου εντομοκτόνου στα ψαροπούλια της λίμνης. Με δεδομένο ότι η τροφική αλυσίδα του λιμναίου οικοσυστήματος περιλαμβάνει φυτοπλαγκτόν, ψάρια, ψαροπούλια και ζωοπλαγκτόν:

α. Να γράψετε την τροφική αλυσίδα της λίμνης.

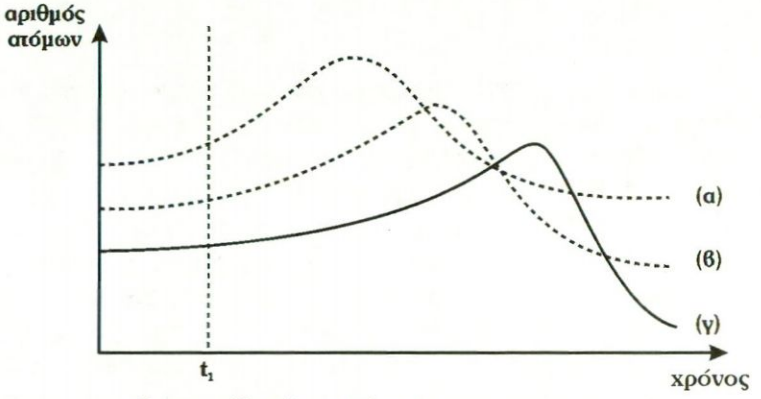
β. Αν η ενέργεια στο τροφικό επίπεδο των ψαριών είναι $3x10^2$ KJ, να υπολογίσετε την ενέργεια των άλλων τροφικών επιπέδων.

γ. Ποια είναι η συγκέντρωση του DDT στα ψαροπούλια με δεδομένο ότι η βιομάζα στο φυτοπλαγκτόν είναι $5x10^6$ Kg και η συγκέντρωση του εντομοκτόνου στο επίπεδο των ψαριών 20 mg/Kg;

2. Ποια είναι τα αίτια και ποιες οι πιθανές συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου; Τι θα μπορούσε να κάνει ο σύγχρονος άνθρωπος για να τις περιορίσει;

3. Το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου συμβάλλουν στη δημιουργία όξινης βροχής. Ποιες είναι οι συνέπειες αυτού του φαινομένου ρύπανσης και τι θα μπορούσε να κάνει ο σύγχρονος άνθρωπος για να τις περιορίσει;

4. Σε μια λίμνη που περιβάλλεται από χωράφια τα οποία καλλιεργούνται συστηματικά με χρήση λιπασμάτων διοχετεύονται πολλά από τα νερά της βροχής που δέχεται η περιοχή αυτή. Να θεωρήσετε ότι στη λίμνη ζουν υδρόβιοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, ζωοπλαγκτόν και ψάρια, που αποτελούν τροφική αλυσίδα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή στον πληθυσμό των οργανισμών αυτών μετά το τέλος της περιόδου των βροχοπτώσεων.



t_1: τέλος περιόδου βροχοπτώσεων
(α): υδρόβιοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί
(β): ζωοπλακτόν
(γ): ψάρια

α. Να ερμηνεύσετε τη μορφή των καμπυλών του διαγράμματος.

β. Να περιγράψετε το φαινόμενο το οποίο προκαλεί τις μεταβολές στις καμπύλες του διαγράμματος.

γ. Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται ο πληθυσμός των αποικοδομητών σ' αυτή τη λίμνη.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Για ένα μήνα συλλέξτε από τις τοπικές εφημερίδες άρθρα σχετικά με περιβαλλοντικά θέματα/προβλήματα της περιοχής σας.

α. Κάθε μαθητής να επιλέξει ένα άρθρο και να γράψει μια περίληψη στην οποία να παρουσιάζει το θέμα του άρθρου, την προέλευση των στοιχείων που συγκέντρωσε (έρευνα, συνέντευξη με ειδικό επιστήμονα, στατιστικά στοιχεία κ.ά.) και τις πιθανές επιπτώσεις του προβλήματος για την τοπική κοινότητα. Να γίνει στην τάξη προφορική παρουσίαση του άρθρου εντός 5 λεπτών.

β. Κατατάξτε τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αναφέρονται στις εφημερίδες ανάλογα με τη σοβαρότητά τους για την τοπική κοινότητα. Συγκρίνετε τη λίστα σας με αυτές των συμμαθητών σας. Μέσα από συζήτηση και έκθεση επιχειρημάτων προσπαθήστε να καταρτίσετε μια κοινή λίστα για όλη την τάξη.

2. Αν το σχολείο σας βρίσκεται σε αγροτική περιοχή, κάντε μια έρευνα δίνοντας στους αγρότες της περιοχής σας ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τους τύπους των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούν, τις γνώσεις τους για την επικινδυνότητα αυτών των χημικών ουσιών, τις προφυλάξεις που παίρνουν κατά τη χρήση τους, τη δοσολογία που χρησιμοποιούν κτλ. Ζητήστε τη βοήθεια του καθηγητή των Μαθηματικών για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων σας. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματά σας είναι παρόμοια με αυτά της έρευνας που αναφέρεται στο ένθετο «Φυτοφάρμακα και αγρότες», σκεφθείτε τρόπους με τους οποίους η συμπεριφορά των αγροτών θα μπορούσε να τροποποιηθεί.

3. Υπάρχει στην ευρύτερη περιοχή του σχολείου σας κάποια προστατευόμενη περιοχή όπως, για παράδειγμα, εθνικός δρυμός, υγρότοπος της Συνθήκης Ραμσάρ, αισθητικό δάσος, θαλάσσιο πάρκο, παρθένο δάσος, μνημείο της φύσης; Σχεδιάστε μια επίσκεψη στην περιοχή. Πριν από την επίσκεψη συλλέξτε μερικά στοιχεία (είτε από βιβλιογραφικές πηγές είτε από ειδικούς) όπως, για παράδειγμα, πότε ανακηρύχθηκε η περιοχή προστατευόμενη και γιατί, ποιες ανθρώπινες δραστηριότητες επιτρέπονται και ποιες όχι, εάν υπάρχουν απειλούμενα ή προστατευόμενα είδη, ποιος κρατικός φορέας έχει την επίβλεψη της περιοχής, εάν υπάρχει κέντρο ενημέρωσης κτλ. Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης προσπαθήστε να μιλήσετε με κάποιον υπεύθυνο σχετικά με την αποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας, τα τυχόν προβλήματα κτλ. Βγάλτε φωτογραφίες, συλλέξτε έντυπο υλικό και οργανώστε μια παρουσίαση για το θέμα στους μαθητές του σχολείου σας.

4. Από πού προέρχεται το νερό που τροφοδοτεί την κοινότητά σας; Ποια υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την ύδρευση και τη διαχείριση των αποθεμάτων νερού στην περιοχή σας; Παίρνοντας στοιχεία από αυτή την υπηρεσία κάντε ένα διάγραμμα που να δείχνει τα αποθέματα του νερού στη διάρκεια του προηγούμενου έτους (ανά μήνα). Προβλέψτε προβλήματα που θα είχαν ως συνέπεια τη μείωση της διαθέσιμης ποσότητας νερού για την κοινότητά σας. Πώς θα μπορούσε να γίνει εξοικονόμηση της κατανάλωσης του νερού σε μια τέτοια περίπτωση;

5. Ας υποθέσουμε ότι μια μεγάλη εταιρεία ανακοινώνει τα σχέδιά της για την κατασκευή ενός χημικού εργοστασίου στην περιοχή σας. Ο τοπικός περιβαλλοντικός σύλλογος εκφράζει ανησυχίες για τον κίνδυνο ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων αποθεμάτων νερού από τα τοξικά απόβλητα του εργοστασίου. Όμως το εργοστάσιο θα δημιουργήσει θέσεις εργασίας για πολλούς συνανθρώπους σας. Τι πρέπει να γίνει; Αφού χωριστείτε σε ομάδες, οργανώστε μια συζήτηση σχετικά με το θέμα. Στη συζήτηση, η οποία θα γίνει στην τάξη στη διάρκεια μιας σχολικής ώρας, κάθε ομάδα θα παριστάνει έναν από τους φορείς που αναμειγνύονται στην υπόθεση (το δήμαρχο της περιοχής, τον εκπρόσωπο της εταιρείας, τον περιβαλλοντικό σύλλογο, τον εκπρόσωπο των πολιτών κτλ.). Ένας μαθητής θα αναλάβει το συντονισμό της συζήτησης, ενώ κάθε ομάδα - φορέας θα παρουσιάσει την άποψή της μέσα από συγκεκριμένα επιχειρήματα.

6. Επισκεφθείτε ένα οικοσύστημα κοντά στο σχολείο σας. Καταγράψτε τα πιο χαρακτηριστικά ζώα και φυτά. Ποια είναι τα κοινά ονόματα αυτών των φυτών και των ζώων; Με τη βοήθεια του καθηγητή σας ή ειδικών βιβλίων αναζητήστε τα επιστημονικά ονόματά τους. Καταρτίστε μερικές τροφικές αλυσίδες του συγκεκριμένου οικοσυστήματος. Βρείτε ενδείξεις αποικοδόμησης. Ποιες προσαρμογές έχουν αναπτύξει τα φυτά προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις συγκεκριμένες συνθήκες της περιοχής; Βγάλτε φωτογραφίες. Τοποθετήστε τα στοιχεία που συλλέξατε σε έναν πίνακα και αναρτήστε τον στην τάξη σας.

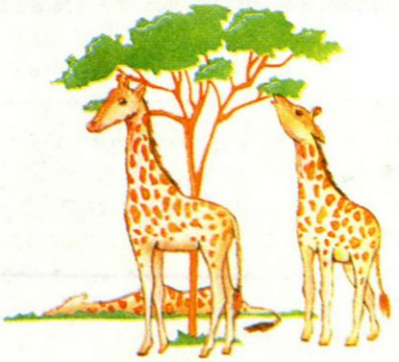
Κεφάλαιο 3

ΕΞΕΛΙΞΗ

«Τίποτε δεν έχει νόημα στη Βιολογία παρά μόνο υπό το φως της εξέλιξης».

Θεοδόσιος Ντομπζάνσκυ

3. ΕΞΕΛΙΞΗ



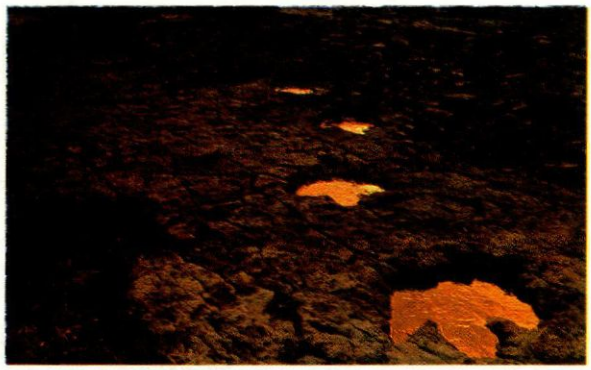
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλές από τις ιδέες που έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί από τους επιστήμονες γίνονται δύσκολα αποδεκτές από τον «κοινό νου», διότι φαίνεται ότι αντιβαίνουν στην εμπειρία. Για παράδειγμα, πολλοί αδυνατούν να αποδεχθούν ότι ένα σώμα μπορεί να κινείται χωρίς να ασκείται καμία δύναμη επάνω του (λόγω αδράνειας), γιατί έχουν τη (λανθασμένη) εντύπωση ότι πίσω από κάθε κίνηση πρέπει να υπάρχει απαραίτητα μια δύναμη που τη δημιουργεί. Παρομοίως ένας από τους λόγους για τους οποίους άργησε να γίνει αποδεκτή η θεωρία της εξέλιξης των ειδών, που διατυπώθηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο, ήταν ότι στο σύντομο χρονικό διάστημα της ζωής του ανθρώπου δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές οι μεταβολές που υφίστανται τα είδη.

Η ιδέα της εξέλιξης είχε υποστηριχθεί και από άλλους στοχαστές που προηγήθηκαν του Δαρβίνου. Ο Δαρβίνος όμως τη διατύπωσε με επιστημονικούς όρους και επίσης υπέδειξε το μηχανισμό με τον οποίο αυτή συμβαίνει (φυσική επιλογή).

Σήμερα η θεωρία της εξέλιξης είναι αποδεκτή από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας και αποτελεί τη θεωρία που έχει επηρεάσει ίσως περισσότερο από κάθε άλλη σύγχρονη επιστημονική θεωρία το δυτικό πολιτισμό. Αυτός και μόνο ο λόγος θα ήταν αρκετός για να τη μελετάμε, πάντα στο βαθμό βέβαια που επιτρέπει ένα σχολικό εγχειρίδιο. Υπάρχει όμως ακόμη ένας σημαντικότερος λόγος που αφορά τη Βιολογία ως επιστήμη και το αντικείμενό της. Η Βιο-

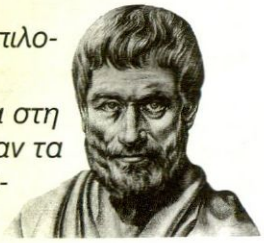
λογία, όπως και κάθε άλλη επιστήμη, βασίζεται πάνω σε μερικές θεμελιώδεις γενικεύσεις, πάνω δηλαδή σε μερικές αρχές που ισχύουν σε όλη την έκταση των αντικειμένων που μελετά. Τη μία από αυτές τις γενικεύσεις την έχουμε ήδη γνωρίσει στο εγχειρίδιο της Βιολογίας της Β΄ Λυκείου. Είναι η κυτταρική θεωρία, η οποία υποστηρίζει ότι όλα τα έμβια όντα αποτελούνται από κύτταρα και από προϊόντα κυττάρων. Η άλλη γενίκευση είναι η θεωρία της εξέλιξης, η θεωρία δηλαδή που υποστηρίζει ότι όλα τα έμβια όντα είναι προϊόν εξέλιξης που υπέστησαν προγενέστεροι οργανισμοί. Χωρίς αυτή τη θεωρία η Βιολογία θα έμοιαζε περισσότερο με μια στείρα περιγραφή φυτικών και ζωικών οργανισμών από την οποία θα έλειπε ο μίτος που τους συνδέει μεταξύ τους. Χωρίς αυτή τη θεωρία, για να χρησιμοποιήσουμε και τα λόγια του Θεοδόσιου Ντομπζάνσκυ, ενός μεγάλου εξελικτικού του 20ού αιώνα, δε θα μπορούσαμε να κατανοήσουμε πώς ένα άθροισμα από χημικά συστατικά και κύτταρα, όπως ο άνθρωπος, έγινε ικανό: «να είναι ζωντανό, να αισθάνεται χαρά και πόνο, να ξεχωρίζει την ομορφιά από την ασχήμια και να διακρίνει το καλό από το κακό...».



Εικόνα 3.1: Απολιθωμένα αποτυπώματα δεινοσαύρων

Από τους πρώτους που παραμέρισαν τους μύθους και προσπάθησαν να δώσουν μια επιστημονική εξήγηση για τον κόσμο και τα φαινόμενά του ήταν οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, πολλοί από τους οποίους προσέγγισαν την ιδέα της εξέλιξης ήδη από τον 6ο π.Χ. αιώνα. Ο Αριστοτέλης όμως, όπως και ο μαθητής του ο Πλάτωνας, πίστευε στη σταθερότητα των ειδών, γεγονός που συνέβαλε στο να ατονήσει η αρχαία εξελικτική σκέψη. Αυτή η αντίληψη της σταθερότητας των ειδών επικράτησε επί 2.000 χρόνια, μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα.

- ***Ηράκλειτος*** *(6ος π.Χ. αιώνας). Υπήρξε από τους πρώτους φιλοσόφους που διακήρυξαν την αιώνια κίνηση και μεταβολή των όντων και την αέναη ανανέωση και εξέλιξή τους.*
- ***Θαλής ο Μιλήσιος*** *(6ος π.Χ. αιώνας). Προσπάθησε να βρει μια επιστημονική εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Πίστευε ότι η ζωή προέρχεται από το νερό.*
- ***Αναξίμανδρος*** *(6ος π.Χ. αιώνας). Προσπάθησε να εξηγήσει την προέλευση του σύμπαντος και της ζωής, παρακάμπτοντας τους μύθους. Θεωρείται ο πρόδρομος της θεωρίας της αυτόματης γένεσης. Πίστευε, λανθασμένα, ότι όλες οι μορφές ζωής εμφανίζονται εκ νέου αβιογενετικά (από την άβια ύλη).*
- ***Ξενοφάνης*** *(5ος π.Χ. αιώνας). Πίστευε ότι τα απολιθώματα είναι λείψανα οργανισμών που έζησαν κάποτε στη Γη. Τα θαλάσσια απολιθώματα που βρέθηκαν στην ξηρά δείχνουν ότι η θάλασσα κάλυπτε παλαιότερα αυτή την ξηρά.*
- ***Εμπεδοκλής*** *(5ος π.Χ. αιώνας). Συνέλαβε την ιδέα της φυσικής επιλογής.*
- ***Αριστοτέλης*** *(4ος π.Χ. αιώνας). Κατέταξε ιεραρχικά τα έμβια όντα στη φυσική κλίμακα. Πρώτη κατέταξε την άψυχη ύλη και ακολουθούσαν τα φυτά, τα πρωτόγονα ζώα, τα πτηνά και τα θηλαστικά. Στη μέση βρισκόταν ο άνθρωπος, μισός σώμα και μισός πνεύμα, και πάνω από αυτόν ο Θεός.*



3.1.1 Ταξινόμηση των οργανισμών και εξέλιξη

Αν και δεν υπάρχουν ούτε δύο εντελώς όμοια όντα στον πλανήτη —εξαιρουμένων φυσικά των μονοζυγωτικών διδύμων ή των μικροοργανισμών που ανήκουν στον ίδιο κλώνο— οι επιστήμονες επιμένουν να κατατάσσουν τους οργανισμούς σε ομάδες, ανάλογα με το πόσο μοιάζουν μεταξύ τους. Η επιμονή αυτή εξηγείται από το γεγονός ότι η μελέτη των οργανισμών θα ήταν αδύνατη χωρίς τη συλλογή, την κατάταξη και τη σύγκρισή τους. Ωστόσο, όπως μπορείτε να διαπιστώσετε στη συνέχεια, η ταξινόμηση των οργανισμών, εκτός του ότι διευκολύνει τη μελέτη τους, αντανακλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτοί έχουν εξελιχθεί.

Πώς όμως κατατάσσονται οι οργανισμοί; Η πρώτη έννοια με την οποία χρειάζεται να ασχοληθούμε είναι η έννοια του **πληθυσμού**. Για παράδειγμα, όλες οι γάτες μιας συνοικίας, δηλαδή ένα σύνολο ατόμων που μπορούν να αναπαραχθούν επειδή βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή, αποτελούν έναν πληθυσμό. Φυσικά δεν μπορούν να αναπαραχθούν με τους σκύλους ή τα σπουργίτια της συνοικίας, καθώς αυτά αποτελούν διαφορετικούς πληθυσμούς διαφορετικών κατηγοριών οργανισμών.

Μήπως λοιπόν θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τους οργανισμούς με βάση τον πληθυσμό στον οποίο ανήκουν; Η απάντηση είναι όχι, διότι η έννοια αυτή, παρά την πολλαπλή χρησιμότητά της (το έχετε ήδη διαπιστώσει στην Οικολογία), δεν έχει πολύ αυστηρά όρια. Στο παράδειγμά μας, μια γάτα από άλλη συνοικία, που ανήκει σε έναν άλλο πληθυσμό, δεν αναπαράγεται με τις γάτες της συνοικίας μας, όσο δεν έρχεται σε επαφή μαζί τους. Αν όμως μεταφερθεί στη συνοικία μας, γίνεται μέλος του πληθυσμού της, καθώς μπορεί να αναπαραχθεί με τις υπόλοιπες. Χρειάζεται συνεπώς να διευρυνθεί το κριτήριο με βάση το οποίο συγκατατάσσουμε τους οργανισμούς, ώστε να περιλάβει όλους τους διαφορετικούς πληθυσμούς ατόμων οι οποίοι, όταν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, μπορούν να αναπαραχθούν. Για το σκοπό αυτό επινοήθηκε η έννοια του είδους.

Το **είδος** περιλαμβάνει το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών ή, με άλλα λόγια, το σύνολο όλων των οργανισμών που μπορούν να αναπαραχθούν μεταξύ τους και να αποκτήσουν γόνιμους απογόνους. Η έννοια του είδους αντιπροσωπεύει ένα φυσικό όριο, καθώς περιλαμβάνει μόνο τους οργανισμούς που αναπαράγονται μεταξύ τους (π.χ. όλες τις γάτες του πλανήτη), αποκλείοντας άλλους οργανισμούς που είναι γόνιμοι μόνο με μέλη του είδους στο οποίο ανήκουν. Για το λόγο αυτό το είδος αποτελεί τη θεμελιώδη μονάδα ταξινόμησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΓΑΤΑΣ

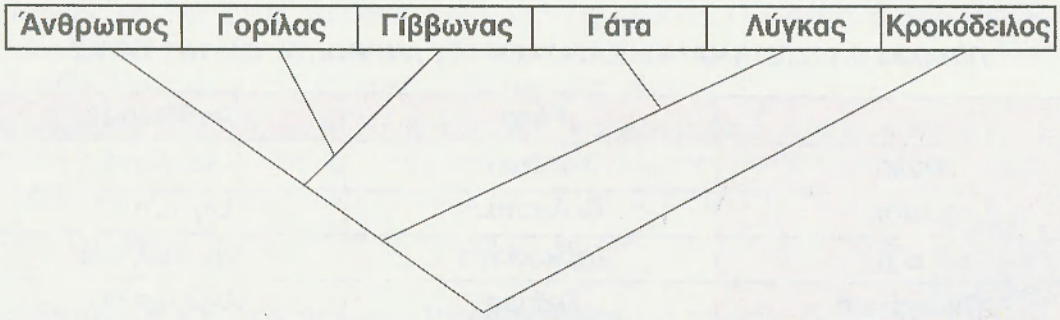
	Γάτα	**Άνθρωπος**
Φύλο	*Χορδωτά*	*Χορδωτά*
Κλάση	*Θηλαστικά*	*Θηλαστικά*
Τάξη	*Σαρκοφάγα*	*Πρωτεύοντα*
Οικογένεια	*Felidae*	*Ανθρωπίδες*
Γένος	*Felis*	*Homo*
Είδος	*Felis domesticus*	*Homo sapiens* (άνθρωπος ο σοφός)

Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί ότι ο ορισμός του είδους που δόθηκε έχει περιορισμούς. Ο βασικότερος από όλους είναι το γεγονός ότι όλοι οι οργανισμοί δεν αναπαράγονται με την επαφή με άτομο διαφορετικού φύλου. Ας πάρουμε για παράδειγμα την αμοιβάδα, το μονοκύτταρο οργανισμό που αναπαράγεται με κυτταρική διαίρεση (μονογονία). Πώς λοιπόν θα ορίσουμε το είδος, αφού το κριτήριο της δυνατότητας αναπαραγωγής με άλλο άτομο —που ονομάζεται μειξιολογικό κριτήριο— δεν ισχύει; Στην περίπτωση αυτή αντί του μειξιολογικού κριτηρίου εφαρμόζεται το τυπολογικό κριτήριο, δηλαδή το κριτήριο της ομοιότητας μεταξύ των οργανισμών. Όταν δύο οργανισμοί έχουν κοινά μορφολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά, ομαδοποιούνται στο ίδιο είδος.

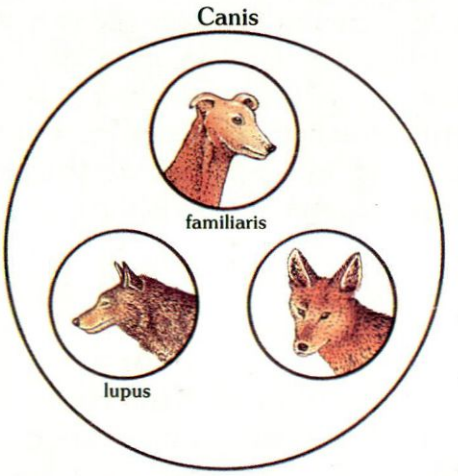
Με βάση αυτό το τυπολογικό κριτήριο, που αποτελεί επινόηση του Σουηδού φυσιοδίφη Λινναίου, έχει ταξινομηθεί το σύνολο των διαφορετικών οργανισμών του πλανήτη και έχει γίνει δυνατή η συγκρότηση ευρύτερων ταξινομικών βαθμίδων πέρα από το είδος. Έτσι τα είδη που μοιάζουν μεταξύ τους περισσότερο από ό,τι άλλα συνιστούν ένα γένος, τα γένη που μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους από ό,τι άλλα συνιστούν μια οικογένεια, οι οικογένειες μια τάξη, οι τάξεις μια κλάση, οι κλάσεις ένα φύλο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

	Άνθρωπος	**Γορίλας**	**Γίββωνας**	**Γάτα**	**Λύγκας**	**Κροκόδειλος**
Είδος	*Homosapiens*	*G.Gorilla*	*H.lar*	*F. domesticus*	*F. sylvestris*	*C. niloticus*
Γένος	*Homo*	*Gorilla*	*Hylobates*	*Felis*	*Felis*	*Crocodilus*
Οικογένεια	*Ανθρωπίδες*	*Ανθρωποπίθηκοι*		*Αιλουροειδή*		*Crocodylidae*
Τάξη	*Πρωτεύοντα*			*Σαρκοφάγα*		*Κροκοδείλια*
Κλάση	*Θηλαστικά*					*Ερπετά*
Φύλο	*Χορδωτά*					



Εικόνα 3.2: Το φυλογενετικό δέντρο ορισμένων οργανισμών διαφορετικού ειδους. Αρκεί μια ματιά, για να διαπιστωθεί ότι οι οργανισμοί που μοιράζονται κοινό πρόγονο είναι αρκετά συγγενικοί, ώστε να τοποθετούνται στην ίδια συστηματική βαθμίδα.



Εικόνα 3.3: Τα σκυλιά ανήκουν όλα στο ίδιο είδος (Canis familiaris). Ο σκύλος και ο λύκος είναι συγγενικά είδη και ανήκουν στο ίδιο γένος, όμως ο λύκος αποτελεί διαφορετικό είδος (Canis lupus).

Η γάτα και ο λύγκας έχουν κοινό πρόγονο, που έζησε πρόσφατα (φαίνεται από το σημείο τομής των κλάδων τους), συνεπώς είναι περισσότεροι συγγενικοί και πρέπει να τοποθετηθούν στο ίδιο γένος. Παρομοίως ο γορίλας και ο γίββωνας μοιράζονται κοινό πρόγονο, οπότε τοποθετούνται στην ίδια οικογένεια. Πηγαίνοντας όμως πίσω στο χρόνο η εξελικτική έρευνα μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο άνθρωπος, ο γορίλας και ο γίββωνας έχουν έναν απώτερο κοινό πρόγονο, οπότε πρέπει να συγκαταταχθούν στην ίδια τάξη. Τέλος, ο κροκόδειλος δε μοιάζει με τα άλλα ζώα και γι' αυτό κατατάσσεται σε ξεχωριστή κλάση, αυτήν των ερπετών. Βρέθηκε όμως ότι έχει ένα μακρινό κοινό πρόγονο με τα θηλαστικά, ο οποίος έζησε πριν από 240 εκατομμύρια χρόνια.

Εικόνα 3.4: Ζαν-Μπατίστ Λαμάρκ

3.1.2 Η θεωρία του Λαμάρκ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σύλληψη της ιδέας της εξέλιξης δεν ανήκει αποκλειστικά στον Κάρολο Δαρβίνο. Σπέρματά της βρίσκονται στις θεωρίες που ανέπτυξαν οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι ήδη από τον 6ο π.Χ αιώνα. Το γεγονός όμως ότι στην επιστημονική σκέψη της Δύσης δέσποζαν οι απόψεις του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, που πίστευαν στη σταθερότητα των ειδών, έκανε την ιδέα της εξέλιξης να ξεχαστεί για αιώνες.

Κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα η εξέλιξη έρχεται πάλι στο προσκήνιο. Ο Γάλλος ζωολόγος **Ζαν-Μπατίστ Λαμάρκ** (1744-1829), ο οποίος επινόησε τον όρο Βιολογία, ήταν ο πρώτος που υποστήριξε με επιχειρήματα ότι τα είδη μεταβάλλονται και ότι η ζωή στον πλανήτη μας έχει προέλθει από απλούστερες μορφές που σταδιακά έγιναν πιο περίπλοκες. Ήταν επίσης ο πρώτος που παρουσίασε στο βιβλίο του *Η φιλοσοφία της Ζωολογίας*, το οποίο εκδόθηκε το 1809, μια ολοκληρωμένη θεωρία, για να εξηγήσει πώς τα φυτά και τα ζώα εξελίσσονται.

Η άποψη του Λαμάρκ ήταν ότι η άβια ύλη παράγει ατελείς μορφές ζωής, οι οποίες εξελίσσονται σε συνθετότερες εξαιτίας μιας έμφυτης τάσης των όντων για συνεχή

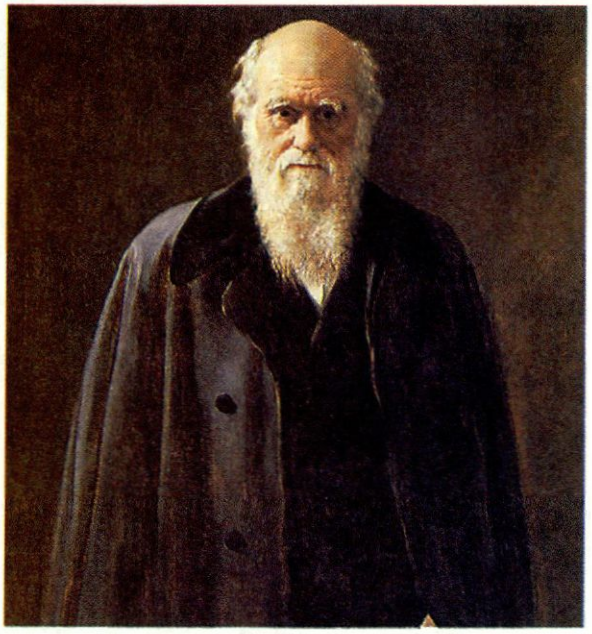
πρόοδο. Κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων οι πρωτόγονοι οργανισμοί μετατρέπονται σταδιακά, κατά μήκος μιας **«νοητής φυσικής κλίμακας»**, σε πιο εξελιγμένους, με τη βοήθεια μιας **εσωτερικής δύναμης**, η οποία στοχεύει στη βελτίωσή τους.

Ο Λαμάρκ πίστευε επίσης ότι οι αλλαγές στο περιβάλλον δημιουργούν νέες συνήθειες στα ζώα, με αποτέλεσμα αυτά να χρησιμοποιούν περισσότερο κάποια όργανά τους ή, αντίθετα, να μην τα χρησιμοποιούν καθόλου. Σύμφωνα με την *αρχή της χρήσης και της αχρησίας*, τα όργανα ενός ζώου που βοηθούν στην προσαρμογή του στο περιβάλλον χρησιμοποιούνται από αυτό περισσότερο, αναπτύσσονται και μεγαλώνουν, ενώ τα όργανα εκείνα που δε συμβάλλουν στην προσαρμογή του περιπίπτουν σε αχρησία, ατροφούν και εξαφανίζονται. Μ' αυτό τον τρόπο τα ζώα αποκτούν νέα χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Ο Λαμάρκ πίστευε ότι τα επίκτητα αυτά χαρακτηριστικά κληροδοτούνται στη συνέχεια στους απογόνους. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, συσσωρεύονται πολλές αλλαγές οι οποίες οδηγούν στη δημιουργία ενός είδους που είναι διαφορετικό από το αρχικό.

Πολυάριθμα πειράματα έχουν αποτύχει να αποδείξουν μέχρι σήμερα την κληρονόμηση των επίκτητων χαρακτηριστικών. Η εξήγηση επομένως της εξέλιξης των ειδών με την κληρονόμηση των επίκτητων χαρακτηριστικών δεν είναι αποδεκτή. Πενήντα χρόνια αργότερα παρουσιάστηκαν περισσότερες ενδείξεις για την εξέλιξη και μια άλλη εξήγηση, αυτή τη φορά από τον Κάρολο Δαρβίνο, για τον τρόπο που πραγματοποιείται.

3.1.3 Η θεωρία της φυσικής επιλογής

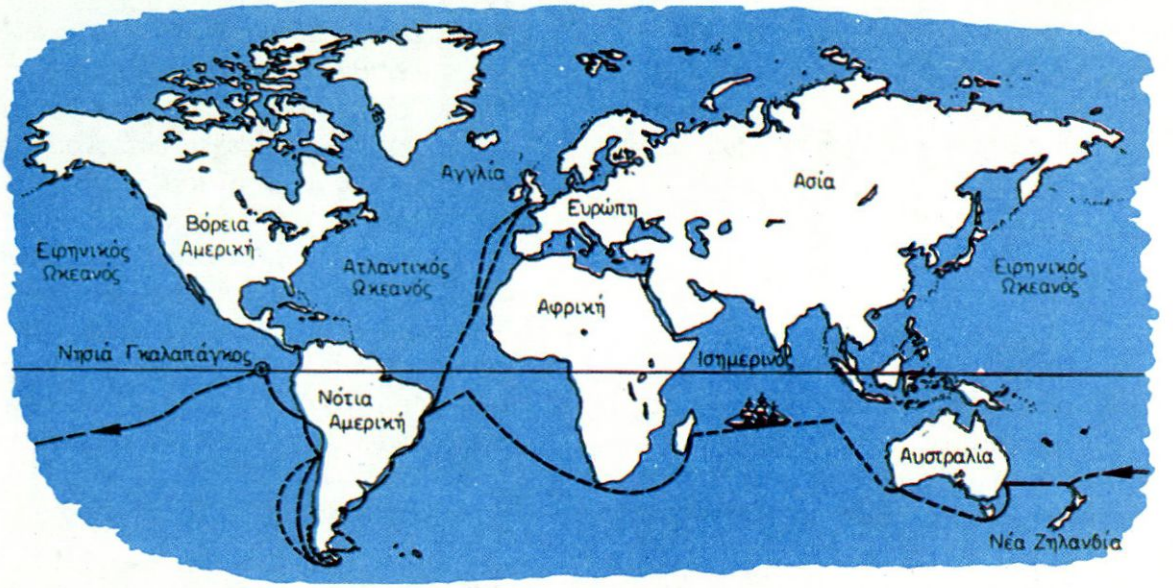
Το 1809, έτος δημοσίευσης της εργασίας του Λαμάρκ, γεννήθηκε στην Αγγλία ο



Εικόνα 3.5: Ο Κάρολος Δαρβίνος σε ηλικία 76 ετών

Κάρολος Δαρβίνος. Αν και ως μαθητής ενδιαφερόταν ιδιαίτερα για τη μελέτη του φυσικού κόσμου, ολοκληρώνοντας τις εγκύκλιες σπουδές του στράφηκε αρχικά στην Ιατρική και μετά στη Θεολογία. Οι επιδόσεις του όμως και στους δύο αυτούς τομείς ήταν απογοητευτικές. Έτσι, όταν του προτάθηκε να μετάσχει ως άμισθος φυσιοδίφης σε μια υπερπόντια αποστολή για λογαριασμό του Βρετανικού Ναυτικού, είδε το ταξίδι αυτό ως μια ευκαιρία να ασχοληθεί με τη μελέτη του αγαπημένου του αντικειμένου.

Το ταξίδι με τη φρεγάτα «Beagle» (Ιχνηλάτης) ξεκίνησε το 1831 και διήρκεσε 5 χρόνια. Στο διάστημα αυτό ο Δαρβίνος είχε τη δυνατότητα να συλλέξει ένα πλήθος από διαφορετικά ζώα, φυτά αλλά και απολιθώματα, και να πραγματοποιήσει γεωλογικές, κλιματολογικές και ανθρωπολογικές παρατηρήσεις στις περιοχές που επισκέφθηκε (από τη ζούγκλα του Αμαζονίου και τις πεδιάδες της Αργεντινής ως τα υψίπεδα των Άνδεων και τα νησιά Γκαλαπάγκος). Ο Δαρβίνος, πριν από το ταξίδι, πίστευε, όπως οι περισσότεροι άνθρωποι της εποχής του, ό-



Εικόνα 3.6: Η διαδρομή που ακολούθησε η φρεγάτα «Beagle».

τι τα είδη είναι σταθερά και δε μεταβάλλονται. Το υλικό όμως που είχε συλλέξει και οι παρατηρήσεις που είχε πραγματοποιήσει δεν άργησαν να τον οδηγήσουν στην ιδέα ότι τα είδη μεταβάλλονται.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Δαρβίνος, παρ' όλο που είχε αποσαφηνίσει τις βασικές αρχές της θεωρίας του ήδη από το 1839, τη δημοσίευσε αρκετά αργότερα, το 1858. Προβλέποντας τις φοβερές αντιδράσεις που θα προκαλούσε, ήθελε να συλλέξει πρόσθετο αποδεικτικό υλικό. Το βιβλίο του *Προέλευση των ειδών διά της φυσικής επιλογής* εξαντλήθηκε την πρώτη ημέρα της κυκλοφορίας του και παραμένει ακόμη και σήμερα ένα από τα βιβλία που έχουν πραγματοποιήσει τις περισσότερες εκδόσεις παγκοσμίως.

Η ανάπτυξη της θεωρίας της εξέλιξης με βάση τη φυσική επιλογή ήταν ένα αξιομνημόνευτο επίτευγμα του 19ου αιώνα, που εμπλούτισε την επιστήμη της Βιολογίας και άλλαξε ριζικά την άποψή μας για μας τους ίδιους και για το φυσικό κόσμο.

Τι υποστηρίζει όμως η θεωρία της φυσικής επιλογής;

Η θεωρία της φυσικής επιλογής μπορεί να συνοψιστεί σε 5 βασικές παρατηρήσεις και σε 3 συμπεράσματα που απορρέουν από αυτές.

- **Παρατήρηση 1.** *Οι πληθυσμοί των διάφορων ειδών τείνουν να αυξάνονται από γενιά σε γενιά με ρυθμό γεωμετρικής προόδου.*

- **Παρατήρηση 2.** *Αν εξαιρεθούν οι εποχικές διακυμάνσεις, τα μεγέθη των πληθυσμών παραμένουν σχετικά σταθερά.*

- **Συμπέρασμα 1.** *Για να παραμείνει σταθερό το μέγεθος ενός πληθυσμού, παρά την τάση για αύξηση, μερικά άτομα δεν επιβιώνουν ή δεν αναπαράγονται. Συνεπώς μεταξύ των οργανισμών ενός πληθυσμού διεξάγεται ένας* ***αγώνας επιβίωσης****.*

- **Παρατήρηση 3.** *Τα άτομα ενός είδους δεν είναι όμοια. Στους πληθυσμούς υπάρχει μια τεράστια ποικιλομορφία όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά των μελών τους.*

- **Παρατήρηση 4.** *Τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά των γονέων κληροδοτούνται στους απογόνους τους.*

- **Συμπέρασμα 2.** *Η επιτυχία στον αγώνα για την επιβίωση δεν είναι τυχαία. Αντιθέτως, εξαρτάται από το είδος των χαρακτηριστικών που έχει κληρονομήσει ένας οργανισμός από τους προγόνους του. Οι οργανισμοί οι οποίοι έχουν κληρονομήσει χαρακτηριστικά που τους βοηθούν να προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον τους επιβιώνουν περισσότερο ή/και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους οργανισμούς οι οποίοι έχουν κληρονομήσει λιγότερο ευνοϊκά για την επιβίωσή τους χαρακτηριστικά.*

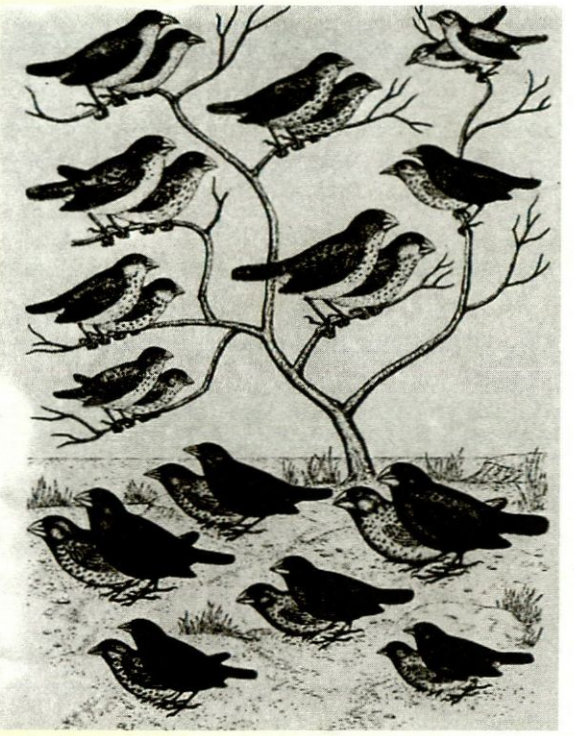
- **Συμπέρασμα 3.** *Τα ευνοϊκά για την επιβίωση χαρακτηριστικά μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα λιγότερο ευνοϊκά, καθώς οι φορείς τους επιβιώνουν και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους φορείς των λιγότερο ευνοϊκών χαρακτηριστικών. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η συσσώρευση όλο και περισσότερων ευνοϊκών χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους.*

Η διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί που είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους επιβιώνουν και αναπαράγονται περισσότερο από τους λιγότερο προσαρμοσμένους ονομάστηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο **φυσική επιλογή**. Ο όρος χρησιμοποιήθηκε σε αντιδιαστολή με την τεχνητή επιλογή την οποία κάνει ο άνθρωπος κάθε φορά που επιλέγει τα καταλληλότερα ζώα (ή φυτά) ή αυτά που έχουν οικονομικό ενδιαφέρον, προκειμένου να παραγάγει απογόνους με επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Η θεωρία του Δαρβίνου προσέφερε μια απλή αλλά πειστική εξήγηση για την ποικιλία των ειδών στη Γη. Επειδή οι διάφορες περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικοί οργανισμοί επιλέγονται από τη φυσική επιλογή ως οι πιο προσαρμοσμένοι στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Ο Δαρβίνος στα νησιά Γκαλαπάγκος

Το μέρος που εντυπωσίασε περισσότερο το Δαρβίνο στο ταξίδι του ήταν τα νησιά Γκαλαπάγκος, ένα σύμπλεγμα νησιών 600 μίλια από τις ακτές του Εκουαδόρ. Εκεί παρατήρησε διαφορετικά είδη χελωνών και σπίνων, τα οποία δεν υπήρχαν πουθενά αλλού στον κόσμο, ενώ διέφεραν και από νησί σε νησί. Τα ζώα αυτά έμοιαζαν μεταξύ τους αλλά και με είδη που υπήρχαν στην κοντινότερη ήπειρο (Νότια Αμερική). Κατά πάσα πιθανότητα είχαν κοινούς προγόνους, οι οποίοι είχαν φθάσει στα νησιά από την ηπειρωτική περιοχή, και στη συνέχεια κάθε είδος είχε προσαρμοστεί στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε νησιού.



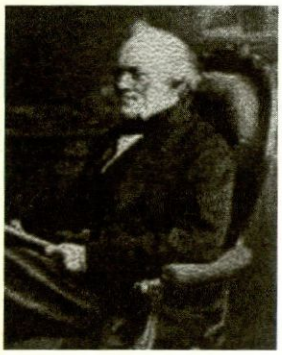
Στα νησιά Γκαλαπάγκος ο Δαρβίνος παρατήρησε 13 είδη σπίνων

Ο Δαρβίνος έγραψε: «Η φυσική ιστορία αυτών των νησιών είναι εξαιρετικά παράξενη και αξίζει να την προσέξει κανείς. Οι περισσότεροι ζωντανοί οργανισμοί είναι αυτόχθονες και δε βρίσκονται πουθενά αλλού. Υπάρχει διαφορά ακόμη και ανάμεσα στα έμβια όντα των διάφορων νησιών. Παρ' όλα αυτά, όλα δείχνουν μια σαφή συγγένεια με τους ζωντανούς οργανισμούς της Αμερικής, αν και τους χωρίζει από την ήπειρο αυτή μια θαλάσσια έκταση 500-600 μιλίων. Το αρχιπέλαγος είναι ένας μικρός κόσμος από μόνος του ή μάλλον ένας δορυφόρος προσδεδεμένος στην Αμερική από όπου άντλησε λίγους αδέσποτους αποίκους. Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό μέγεθος των νησιών, νιώθουμε την πιο μεγάλη έκπληξη μπροστά στον αριθμό των αυτόχθονων οργανισμών. Έτσι μέσα στο χώρο και το χρόνο φαίνεται να πλησιάζουμε όλο και πιο κοντά στο μεγάλο γεγονός **—το μυστήριο των μυστηρίων— την εμφάνιση δηλαδή νέων ειδών πάνω στη Γη**».

Γιγαντιαίες χελώνες στα νησιά Γκαλαπάγκος

Ch. Darwin

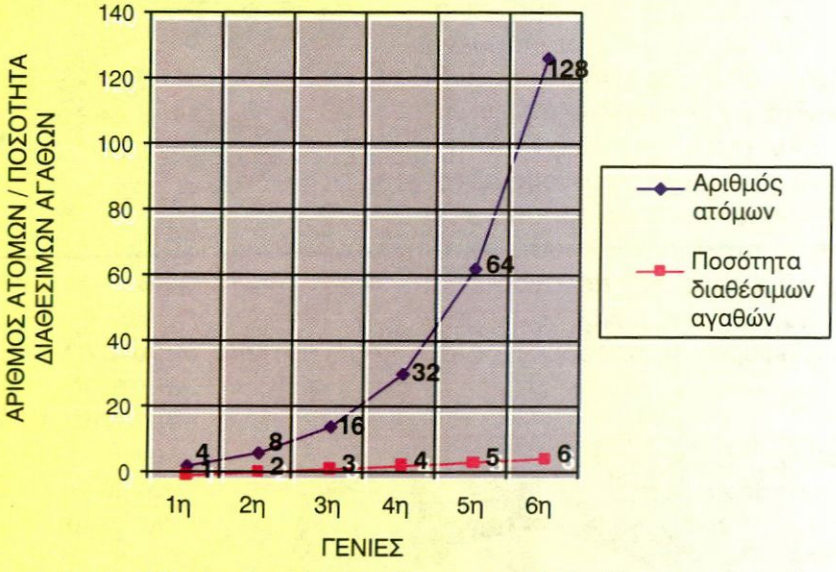
Η θεωρία του Μάλθους για το ρυθμό αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού



Τσάρλς Λάυελ

Η θεωρία του Δαρβίνου βασίστηκε στις προσωπικές του παρατηρήσεις αλλά και σε εργασίες άλλων επιστημόνων. Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του ο Δαρβίνος διάβασε το βιβλίο *Οι αρχές της Γεωλογίας*, γραμμένο από το διάσημο γεωλόγο της εποχής, τον Τσαρλς Λάυελ (Charles Lyell). Στο βιβλίο αυτό παρουσιαζόταν η άποψη ότι η επιφάνεια της Γης διαμορφώθηκε βαθμιαία από τη δράση της βροχής, των ανέμων, των σεισμών, των ηφαιστειακών εκρήξεων και άλλων φυσικών δυνάμεων που δρουν ακόμη και σήμερα. Αφού λοιπόν η Γη εξελίχθηκε στη διάρκεια του χρόνου, γιατί να μην έχει συμβεί το ίδιο και με τους οργανισμούς της;

Όμως, εκτός από τις *Αρχές της Γεωλογίας*, ο Δαρβίνος επηρεάστηκε και από ένα άλλο σύγγραμμα, το *Δοκίμιο επί των αρχών του πληθυσμού*, του οικονομολόγου Τόμας Μάλθους (Thomas Malthus). Στο σύγγραμμα αυτό ο Μάλθους υποστήριζε ότι ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται με ρυθμό γεωμετρικής προόδου, εν αντιθέσει με τα διαθέσιμα αγαθά, τα οποία αυξάνονται με ρυθμό αριθμητικής προόδου.



Σύγκριση του ρυθμού αύξησης των πληθυσμών με το ρυθμό αύξησης των διαθέσιμων τροφίμων σύμφωνα με το Μάλθους

Κατά την άποψη του Μάλθους, ο έλεγχος του μεγέθους του ανθρώπινου πληθυσμού ήταν απαραίτητος, προκειμένου να διατηρείται το ισοζύγιο ανάμεσα σ' αυτόν και τις διαθέσιμες ποσότητες φυσικών αγαθών. Ο Δαρβίνος απέδωσε τη σταθερότητα του μεγέθους των πληθυσμών στη δράση της φυσικής επιλογής.

Πάντως ο Μάλθους, αν και επιβεβαιώθηκε ως προς το ρυθμό αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, διαψεύστηκε ως προς το ρυθμό αύξησης των φυσικών αγαθών. Οι σύγχρονες μέθοδοι γεωργίας και κτηνοτροφίας έχουν αυξήσει με πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς την παραγωγή της τροφής, μια δίκαιη κατανομή της οποίας θα μπορούσε να ικανοποιήσει τις ανάγκες όλης της ανθρωπότητας.

3.1.4 Μερικές χρήσιμες αποσαφηνίσεις στη θεωρία της φυσικής επιλογής

Ένα από τα σημεία που χρειάζονται αποσαφήνιση στη θεωρία που διατύπωσε ο Δαρβίνος είναι το πού τελικά δρα η φυσική επιλογή. Για την εξελικτική λοιπόν θεωρία η φυσική επιλογή δρα στον πληθυσμό και συνεπώς ο πληθυσμός αντιπροσωπεύει τη μικρότερη δυνατή μονάδα που μπορεί να εξελιχθεί.

Αυτό φαίνεται παράδοξο, καθώς η φυσική επιλογή περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα μεμονωμένα άτομα και το περιβάλλον τους, οπότε θα ήταν λογικότερο τα μεμονωμένα άτομα να αποτελούν τη μονάδα της εξέλιξης και όχι οι πληθυσμοί. Όμως ένα μεμονωμένο άτομο μπορεί να παρουσιάσει ένα, το πολύ, νέο χαρακτηριστικό είτε λόγω μεταβολής του γενετικού υλικού του (μετάλλαξη) είτε λόγω της επίδρασης του περιβάλλοντός του (επίκτητο γνώρισμα). Αντιθέτως η εξέλιξη απαιτεί συσσώρευση πολλών νέων κληρονομήσιμων χαρακτηριστικών που έχουν εδραιωθεί στους πληθυσμούς διαδοχικών γενεών με τη δράση της φυσικής επιλογής.

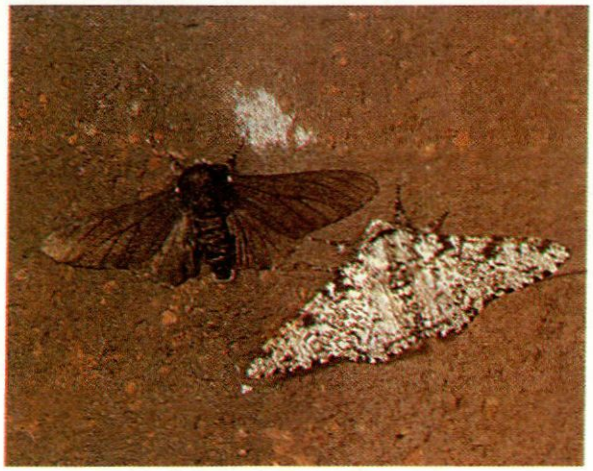
Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η δράση της φυσικής επιλογής είναι τοπικά και χρονικά προσδιορισμένη. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από χρονική στιγμή σε χρονική στιγμή. Έτσι είναι δυνατόν ένα χαρακτηριστικό που αποδεικνύεται προσαρμοστικό σε μια περιοχή μια καθορισμένη χρονική στιγμή να είναι άχρηστο ή και δυσμενές σε μια άλλη περιοχή ή σε μια άλλη χρονική στιγμή.

3.1.5 Η φυσική επιλογή εν δράσει

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα δράσης της φυσικής επιλογής είναι αυτό της πεταλούδας *Biston betularia*, ενός εντόμου που είναι πολύ διαδεδομένο στην Αγγλία και στη Σκωτία.

Η πεταλούδα αυτή συναντιέται σε δύο παραλλαγές που διαφέρουν ως προς το χρωματισμό τους. Η μία είναι ανοιχτόχρωμη και φέρει σκούρες κηλίδες στις πτέρυγές της, ενώ η άλλη είναι εξ ολοκλήρου μαύρη.

Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση πολυπληθέστερες ήταν οι ανοιχτόχρωμες πεταλούδες, ενώ οι μαύρες ήταν ελάχι-



Εικόνα 3.7: Οι δύο παραλλαγές της πεταλούδας Biston betularia, που διαφέρουν ως προς το χρωματισμό τους.

Εικόνα 3.8: Βιομηχανικός μελανισμός: το ποσοστό των μαύρων πεταλούδων αυξήθηκε, επειδή η μαύρη πεταλούδα έχει περισσότερες πιθανότητες από την ανοιχτόχρωμη να επιβιώσει στους μαυρισμένους από τη ρύπανση κορμούς.

στες. Μετά όμως τη Βιομηχανική Επανάσταση τα πράγματα άλλαξαν ριζικά: βαθμιαία άρχισαν να επικρατούν οι μαύρες πεταλούδες, έτσι ώστε στις αρχές του 20ού αιώνα να αποτελούν αυτές τη μοναδική σχεδόν παραλλαγή πεταλούδας σε πολλές βιομηχανικές περιοχές (όπως το Μάντσεστερ).

Το φαινόμενο αυτό, το οποίο συσχετίστηκε με τη βιομηχανική ρύπανση, ονομάστηκε **βιομηχανικός μελανισμός** και έκτοτε έχει παρατηρηθεί σε δεκάδες είδη εντόμων που ζουν σε βιομηχανικές περιοχές.

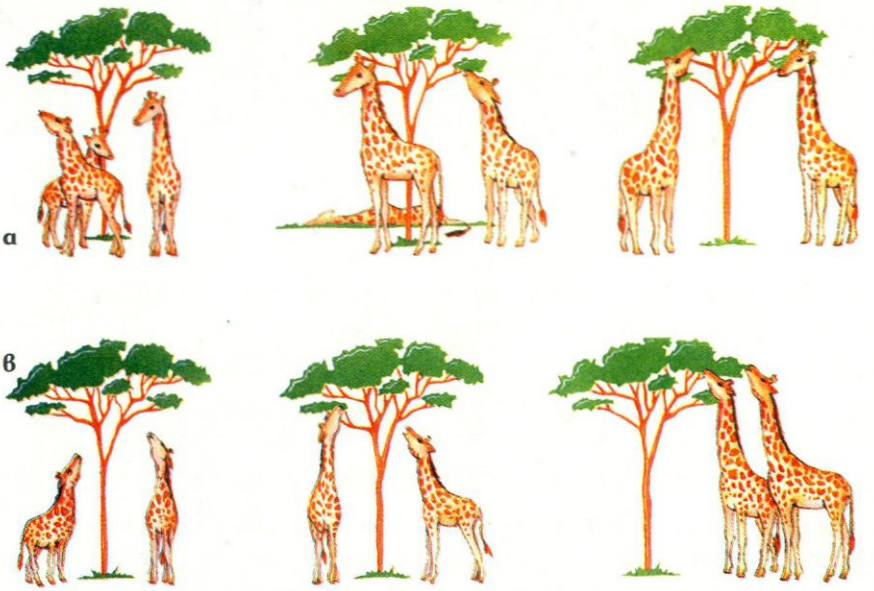
Η εξήγηση του φαινομένου βρίσκεται στη δράση της φυσικής επιλογής. Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση οι κορμοί των δέντρων είχαν το φυσικό ανοιχτό χρώμα τους. Οι ανοιχτόχρωμες πεταλούδες που αναπαύονταν επάνω τους (γιατί η πεταλούδα αυτή τρέφεται τη νύχτα και αναπαύεται την ημέρα) διακρίνονταν δυσκολότερα από τους θηρευτές τους, τα εντομοφάγα πτηνά, σε σχέση με τις μαύρες. Για το λόγο αυτό επικράτησαν στους τοπικούς πληθυσμούς της πεταλούδας, αφού είχαν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης —και μεταβίβασης του χαρακτηριστικού τους (ανοιχτό χρώμα πτερύγων) στις επόμενες γενιές— από τις μαύρες.

Όταν μαύρισαν οι κορμοί των δέντρων εξαιτίας της βιομηχανικής ρύπανσης, η δράση της φυσικής επιλογής αντιστράφηκε. Το προσαρμοστικό πλεονέκτημα το είχαν πλέον οι μαύρες πεταλούδες, που ήταν περισσότερο δυσδιάκριτες στους κορμούς από τις ανοιχτόχρωμες. Έτσι βαθμιαία άρχισαν να επικρατούν αριθμητικά, καθώς επιβίωναν περισσότερο και μεταβίβαζαν με μεγαλύτερη συχνότητα το χρωματισμό τους στις επόμενες γενιές από τις ανοιχτόχρωμες.

Πρέπει όμως στο σημείο αυτό να γίνει μια επισήμανση προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές παρανοήσεις για το μηχανισμό με τον οποίο προχωρεί η εξέλιξη. Οι πεταλούδες δεν ανταποκρίθηκαν στη μεταβολή του περιβάλλοντος (μαύρισμα των κορμών των δέντρων) αναπτύσσοντας ένα γνώρισμα που δεν υπήρχε προηγουμένως (όπως θα μπορούσε να ισχυριστεί ένας οπαδός της θεωρίας του Λαμάρκ), καθώς η μαύρη παραλλαγή τους προϋπήρχε της Βιομηχανικής Επανάστασης. Απλώς η φυσική επιλογή έδρασε ευνοώντας από τα υπάρχοντα κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά εκείνο που προσέδιδε μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης στο φορέα του (ανοιχτός χρωματισμός όταν οι κορμοί ήταν ανοιχτόχρωμοι, μαύρος χρωματισμός όταν οι κορμοί έγιναν σκούροι).

3.1.6 Σύγκριση της θεωρίας του Λαμάρκ με τη θεωρία του Δαρβίνου

Για μια ακόμη καλύτερη σύγκριση των θεωριών του Λαμάρκ και του Δαρβίνου –πέρα από την παρατήρηση που έγινε στην προηγούμενη ενότητα– μπορούμε να καταφύγουμε σε ένα υποθετικό παράδειγμα. Ο Λαμάρκ εξήγησε την εμφάνιση ψηλού λαιμού στις καμηλοπαρδάλεις με βάση την αρχή της χρήσης και της αχρησίας και την αρχή της κληρονομικής μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών. Ο Δαρβίνος πώς θα εξηγούσε άραγε την επικράτηση του ίδιου γνωρίσματος με βάση τη θεωρία της φυσικής επιλογής;



Εικόνα 3.9: α) Θεωρία Δαρβίνου, β) θεωρία Λαμάρκ

Θεωρία του Λαμάρκ	Θεωρία του Δαρβίνου
Οι καμηλοπαρδάλεις δημιουργήθηκαν από οργανισμούς κατώτερων βαθμίδων διαμέσου της **φυσικής κλίμακας**.	Στο φυλογενετικό δέντρο των καμηλοπαρδάλεων, σε κάποιο προγονικό είδος, υπήρχαν ζώα με λαιμούς ποικίλου μήκους.
Τα χαμηλότερα κλαδιά απογυμνώθηκαν από τα φύλλα τους, οπότε προέκυψε η ανάγκη για πρόσβαση των καμηλοπαρδάλεων, που ως τότε είχαν κοντούς λαιμούς, στα ψηλότερα κλαδιά.	Ο αριθμός των ζώων που γεννιούνταν ήταν πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ζώων που μπορούσε να θρέψει το περιβάλλον. Προέκυψε λοιπόν η ανάγκη ελέγχου του μεγέθους του πληθυσμού τους.
Σύμφωνα με **την αρχή της χρήσης και της αχρησίας**, ορισμένα ζώα τέντωναν το λαιμό τους, για να φτάνουν τα ψηλά κλαδιά. Με το συνεχές τέντωμα και με τη βοήθεια μιας **εσωτερικής δύναμης** ο λαιμός τους μάκρυνε (τα ζώα **δεν εξαφανίστηκαν**).	Η **φυσική επιλογή** ευνόησε τα άτομα με τον ψηλότερο λαιμό, γιατί μπορούσαν να προσεγγίσουν τροφή καλύτερης ποιότητας ή μεγαλύτερης ποσότητας. Τα άτομα με κοντό λαιμό σταδιακά λιγόστευαν και τελικά **εξαφανίστηκαν**.
Σύμφωνα με **την αρχή της κληρονομικής μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών**, ο μακρύς λαιμός κληροδοτήθηκε στους απογόνους και αποτέλεσε χαρακτηριστικό του είδους τους.	Ο μακρύς λαιμός κληροδοτήθηκε στους απογόνους και αποτέλεσε χαρακτηριστικό του είδους τους.

3.2 Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Μετά τη δημοσίευση της εργασίας του Κάρολου Δαρβίνου οι περισσότεροι από τους βιολόγους της εποχής συμφωνούσαν ότι η ιδέα της εξέλιξης είναι μια πραγματικότητα. Η άποψη όμως του Δαρβίνου ότι ο μηχανισμός με τον οποίο προχωρεί η εξέλιξη είναι η φυσική επιλογή δεν είχε γίνει ακόμη εντελώς αποδεκτή. Ο σημαντικότερος λόγος γι' αυτό ήταν ότι εκείνη την εποχή έλειπε μια πειστική θεωρία για την κληρονομικότητα, μια θεωρία δηλαδή που να μπορεί να εξηγήσει πώς μεταβιβάζονται τα χαρακτηριστικά από τους γονείς στους απογόνους αλλά και πώς δημιουργούνται νέα.

Ο Δαρβίνος είχε καταλάβει ότι το κλειδί για την εξήγηση της θεωρίας του ήταν η κληρονομικότητα. Η έλλειψη όμως μιας σχετικής θεωρίας τον ανάγκασε να αποδεχτεί τη θεωρία της κληρονομικής μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών του Λαμάρκ, η οποία βεβαίως ερχόταν σε διάσταση με το δικό του μοντέλο για την εξέλιξη.

Από ένα παράδοξο παιχνίδι της τύχης, την εποχή που ο Δαρβίνος καταπιανόταν με τη στήριξη της θεωρίας του, ο Γρηγόριος Μέντελ (1822-1884) δημοσίευσε την εργασία του για την κληρονομικότητα, μια εργασία η οποία θα είχε δώσει στο Δαρβίνο, αν ήταν ενήμερος γι' αυτήν, την απαραίτητη γενετική βάση προκειμένου να εδραιώσει τη θεωρία της φυσικής επιλογής.

Το τοπίο όμως στις αρχές της δεκαετίας του 1940 είχε αλλάξει ριζικά. Η εργασία του Μέντελ, δηλαδή η κλασική Γενετική, ήταν από καιρό αποδεκτή και έτσι είχε επιλυθεί το πρόβλημα του τρόπου μεταβίβασης των κληρονομικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον είχε γίνει κατανοητή η σημασία των μεταλλάξεων, δηλαδή των δραστικών μεταβολών του γενετικού υλικού στην εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών, ενώ είχε καθιερωθεί ένας νέος κλάδος στη Γενετική, η Γενετική Πληθυσμών, χάρη στην οποία η εξέλιξη συνδέθηκε με τις μεταβολές των συχνοτήτων των γονιδίων στους πληθυσμούς.

Αποτέλεσμα αυτών των δεδομένων ήταν η επαναδιατύπωση της θεωρίας του Δαρβίνου σε μια σύγχρονη θεωρία για την εξέλιξη, τη συνθετική θεωρία. Η συνθετική θεωρία δεν αναιρεί τον πυρήνα της συλλογιστικής του Δαρβίνου, αντίθετα τον εμπλουτίζει με τα νέα δεδομένα από τις ανακαλύψεις της Μοριακής Βιολογίας και της Γενετικής Πληθυσμών.

3.2.1 Οι παράγοντες που διαμορφώνουν την εξελικτική πορεία

Σύμφωνα με τη νέα αντίληψη για την εξέλιξη, οι παράγοντες που διαμορφώνουν την εξελικτική πορεία είναι η ποικιλομορφία των κληρονομικών χαρακτηριστικών, η φυσική επιλογή και η γενετική απομόνωση.

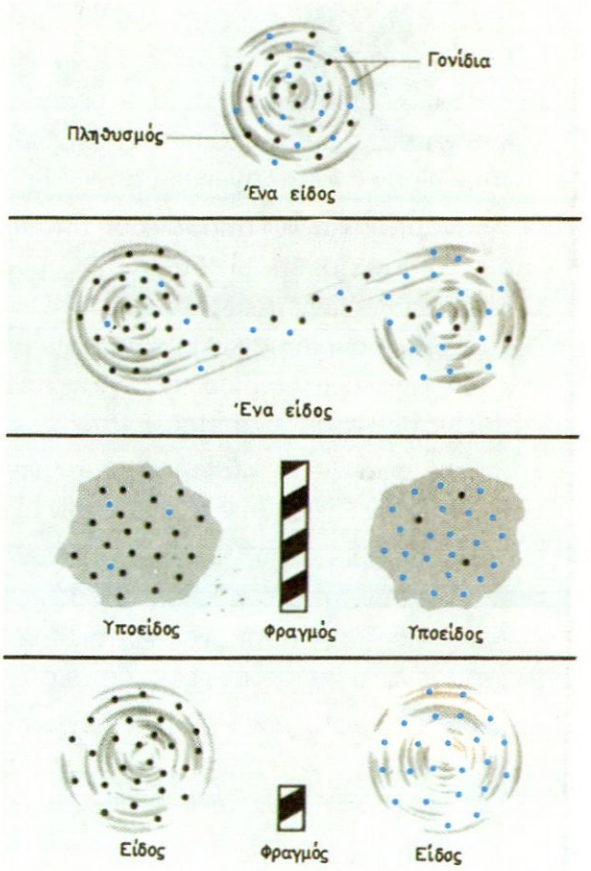
- **Ποικιλομορφία:** Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αν εξαιρέσουμε τους μονοζυγωτικούς διδύμους και τα άτομα που ανήκουν στον ίδιο κλώνο μικροοργανισμών, δεν υπάρχει κανένας οργανισμός επάνω στη Γη που να είναι απολύτως όμοιος με κάποιον άλλο. Ανάμεσα στους βασικούς μηχανισμούς με τους οποίους δημιουργείται ο απέρα-

Εικόνα 3.10: Ποικιλομορφία

ντος πλούτος των μορφών ζωής, δηλαδή η ποικιλομορφία, περιλαμβάνονται οι γονιδιακές μεταλλάξεις. Οι μεταλλάξεις οφείλονται είτε σε τυχαία λάθη κατά την αντιγραφή του DNA είτε σε φυσικούς ή χημικούς παράγοντες που αλλοιώνουν τη δομή του DNA. Χάρη σ' αυτές δημιουργούνται νέα γονίδια που καθορίζουν την εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά αυτά, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι επωφελή για το φορέα τους. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις, είναι πιθανόν μια μετάλλαξη να προσφέρει αυξημένες δυνατότητες επιβίωσης στο άτομο που την υπέστη, επειδή τυχαίνει το χαρακτηριστικό που δημιουργεί να είναι συμβατό με τις νέες συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον.
Οι μεταλλάξεις από μόνες τους δεν είναι ικανές να προσανατολίσουν την εξελικτική πορεία προς ορισμένη κατεύθυνση, προσφέρουν όμως το υλικό επάνω στο οποίο δρα η φυσική επιλογή.

- **Φυσική επιλογή:** Η φυσική επιλογή είναι η διαδικασία η οποία καθορίζει την τύχη των γονιδίων στις επόμενες γενιές. Με αυτή τη διαδικασία μεταβάλλεται η συχνότητά τους, δηλαδή το ποσοστό με το οποίο απαντά ένα γονίδιο σε έναν πληθυσμό. Κάποιοι συνδυασμοί γονιδίων προσδίδουν στους φορείς τους είτε μεγαλύτερη βιωσιμότητα είτε μεγαλύτερη αναπαραγωγική ικανότητα.
Με τη φυσική επιλογή επιλέγονται τα άτομα που πλεονεκτούν έναντι των άλλων, γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης στο συγκεκριμένο περιβάλλον, είναι δηλαδή τα καλύτερα προσαρμοσμένα άτομα. Τα γονίδια των επιλεγμένων ατόμων αυξάνουν τη συχνότητα εμφάνισής τους στον πληθυσμό και στο τέλος επικρατούν. Σταδιακά πληθαίνουν τα χαρακτηριστικά των ατόμων που επιλέγονται, ενώ τα χαρακτηριστικά των ατόμων που εξαφανίζονται γίνονται όλο και πιο σπάνια.
Με τη φυσική επιλογή αυξάνεται η συχνότητα εμφάνισης των γονιδίων που είναι ευνοϊκά για την επιβίωση και την αναπαραγωγή των ατόμων.

- **Γενετική απομόνωση:** Προϋπόθεση για την ολοκλήρωση της εξελικτικής διαδικασίας είναι να απομονωθούν γενετικά οι πληθυσμοί του ίδιου είδους, ώστε να ακολουθήσουν διαφορετική εξελικτική πορεία που θα οδηγήσει στη δημιουργία ενός νέου είδους. Από τους σημαντικότερους μηχανισμούς απομόνωσης είναι η γεωγραφική απομόνωση. Σ' αυτήν ένας πληθυσμός χω-



Εικόνα 3.11: Απλό μοντέλο ειδογένεσης

ρίζεται σε ομάδες λόγω κάποιου γεωγραφικού φραγμού (π.χ. δημιουργία νησιών, σχηματισμός λιμνών, εμφάνιση βουνών, αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες). Οι ομάδες αναπτύσσονται ξεχωριστά και δεν είναι δυνατή η διασταύρωση των μελών τους και επομένως η ανταλλαγή γονιδίων. Τα άτομα συνεχίζουν να εμφανίζουν αλλαγές στο γενετικό υλικό τους και να υφίστανται διαφορετικά τη δράση της φυσικής επιλογής. Αυτό σταδιακά οδηγεί σε διαφοροποιήσεις, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων ειδών.

Πώς δημιουργούνται τα νέα είδη

Στη διαδικασία προσαρμογής των πληθυσμών στις μεταβολές του περιβάλλοντος προκαλούνται αλλαγές στη γενετική τους δομή, με αποτέλεσμα οι πληθυσμοί να εκδηλώνουν διαφορές στη μορφολογία και τη φυσιολογία τους. Όταν οι αλλαγές αυτές προχωρήσουν στο σημείο που δεν είναι δυνατή η γέννηση βιώσιμων και γόνιμων απογόνων (αναπαραγωγική απομόνωση), τότε έχουμε τη δημιουργία ενός καινούριου είδους. Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου είδους ονομάζεται ειδογένεση.

Προϋπόθεση για να αλλάξει η γενετική δομή των πληθυσμών είναι οι πληθυσμοί να ζουν απομονωμένοι μεταξύ τους. Η απομόνωση μπορεί να είναι γεωγραφική ή αναπαραγωγική. Φυσικά αίτια όπως βουνά, φαράγγια κτλ. πιθανόν να λειτουργήσουν ως γεωγραφικά εμπόδια, τα οποία παρεμποδίζουν την ανταλλαγή γονιδίων ανάμεσα σε δύο πληθυσμούς. Πληθυσμοί που ζουν χωριστά για μακρά χρονικά διαστήματα πιθανόν να αναπτύξουν αναπαραγωγική απομόνωση.

Η αναπαραγωγική απομόνωση μπορεί να οφείλεται σε μηχανισμούς που δεν επιτρέπουν τη συνεύρεση των δύο πληθυσμών, όπως είναι για παράδειγμα η διαφορετική ανατομία των γεννητικών τους οργάνων, η διαφορετική αναπαραγωγική εποχή και ο διαφορετικός χώρος κατοικίας, ή σε μηχανισμούς που δεν επιτρέπουν τη βιωσιμότητα των απογόνων, όπως είναι για παράδειγμα η ύπαρξη διαφορετικού αριθμού χρωμοσωμάτων στους γαμέτες.

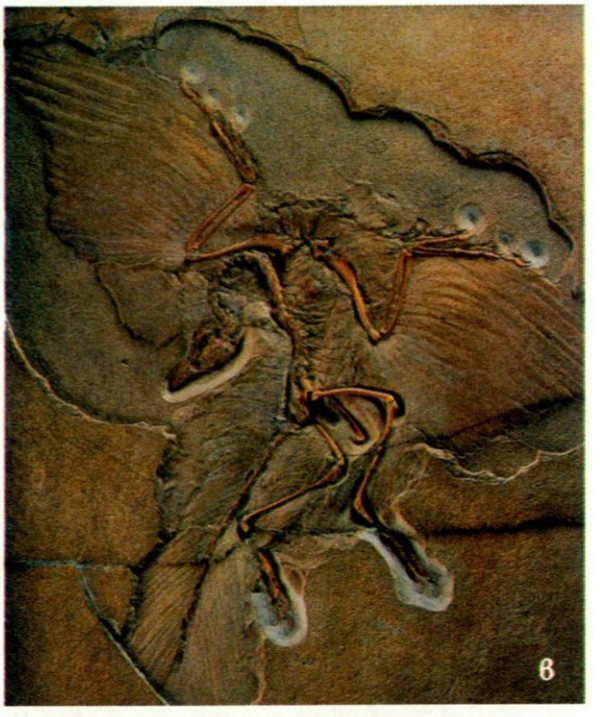
Όσον αφορά την απλούστερη περίπτωση ειδογένεσης, μπορεί κανείς να υποθέσει ότι η σειρά εξέλιξης των γεγονότων έχει ως εξής:

1. Δύο πληθυσμοί ενός είδους απομονώνονται, ώστε η αναπαραγωγή μεταξύ τους να είναι αδύνατη. Συνήθως η απομόνωση των πληθυσμών οφείλεται σε μεγάλες αποστάσεις ή σε κάποιο γεωγραφικό εμπόδιο. Η αναπαραγωγική όμως απομόνωση είναι δυνατό να προκύψει και από αιτίες εποχικές, λειτουργικές ή συμπεριφοράς.
2. Τα αποθέματα των γονιδίων των δύο πληθυσμών δεν επικοινωνούν. Με την πάροδο του χρόνου μεταλλάξεις και επιλογή κάνουν τους δύο πληθυσμούς γενετικά διαφορετικούς, ώστε να μην μπορούν πλέον να αποκτήσουν βιώσιμους και γόνιμους απογόνους.
3. Όταν παρατηρηθεί αυτό, η διαδικασία της ειδογένεσης έχει ολοκληρωθεί. Δύο είδη υπάρχουν εκεί που πριν υπήρχε ένα.

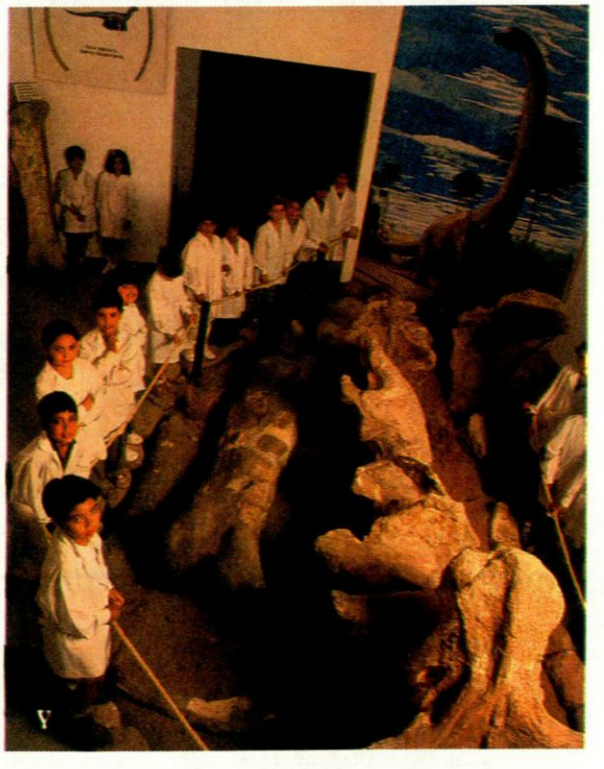
3.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΛΟΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟ ΠΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕ ΣΧΕΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η δημιουργία νέων ειδών από ένα προγενέστερο είδος μπορεί να παρομοιαστεί με την απόσχιση δύο κλαδιών από την ίδια κορυφή ενός δέντρου. Αν μάλιστα στην παρομοίωση αυτή συμπεριληφθούν και οι προγενέστερες μορφές ειδών, τότε μπορεί να κατασκευαστεί ένα φυλογενετικό δέντρο του οποίου ο κορμός παριστάνει το αρχικό είδος και τα κλαδιά τα νέα είδη που προέκυψαν από αυτό. Κατ' αυτό τον τρόπο ένα φυλογενετικό δέντρο απεικονίζει τα στάδια από τα οποία έχουν περάσει οι ενήλικες μορφές των ειδών που παρουσιάζει. Οι πληροφορίες για την κατασκευή του φυλογενετικού δέντρου ενός είδους αντλούνται από πηγές που ήταν ήδη διαθέσιμες από την εποχή του Δαρβίνου, όπως είναι τα απολιθώματα, οι συγκριτικές ανατομικές και εμβρυολογικές μελέτες, αλλά και από νεότερες πηγές, όπως είναι η Βιοχημεία και η Μοριακή Βιολογία. Οι πληροφορίες αυτές συνδυάζονται μεταξύ τους από τους επιστήμονες όπως τα κομμάτια ενός παζλ και κατασκευάζονται τα φυλογενετικά δέντρα που δείχνουν τις εξελικτικές σχέσεις ανάμεσα στα είδη που μελετώνται.

α



β



γ

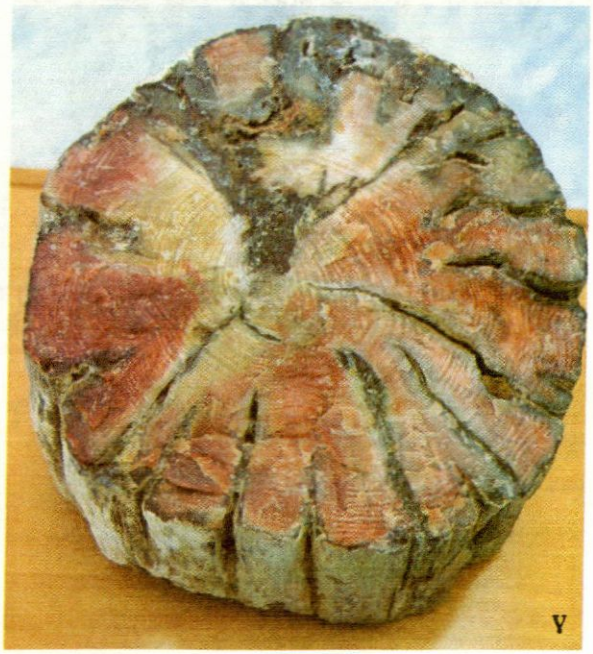
Εικόνα 3.12: Παραδείγματα απολιθωμάτων: α) έντομο παγιδευμένο σε κεχριμπάρι, β) απολίθωμα του Αρχαιοπτέρυγος, του πρώτου γνωστού πτηνού (ηλικίας 150 εκατ. ετών), γ) απολιθωμένος σκελετός Δεινόσαυρου

1. Δεδομένα από την Παλαιοντολογία

Η Παλαιοντολογία μελετά τα απολιθώματα, τα οποία είναι υπολείμματα οργανισμών που έζησαν στο μακρινό παρελθόν. Τα απολιθώματα είναι συνήθως τα σκληρά τμήματα ενός οργανισμού όπως τα δόντια, ο εξωσκελετός, τα οστά. Στα υπολείμματα αυ-

τά, με την πάροδο του χρόνου, οι οργανικές ουσίες αντικαταστάθηκαν από ανόργανες, οι οποίες τα μετέτρεψαν σε «λίθους». Με τον όρο όμως «απολίθωμα» αναφερόμαστε σε κάθε ίχνος ζωής του παρελθόντος, όπως είναι τα αποτυπώματα φυτών ή ζώων σε βράχους. Ένας άλλος τύπος απολιθωμάτων προκύπτει όταν κάποιο ζώο, συνήθως έντομο, παγιδευτεί σε ρητίνη. Τα απολιθώματα αυτά είναι πολύ καλά διατηρημένα, γεγονός που επιτρέπει στους ερευνητές να μελετήσουν τη φυσιολογία, τη συμπεριφορά και την οικολογία των εντόμων. Τα απολιθώματα μαρτυρούν την ιστορία της ζωής στον πλανήτη μας και υποστηρίζουν την ιδέα ότι η ζωή έχει εξελιχθεί κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων από απλές σε πιο περίπλοκες μορφές.

Την εποχή του Δαρβίνου οι γεωλόγοι εκτιμούσαν την ηλικία των απολιθωμάτων από τη θέση των πετρωμάτων στα οποία αυτά βρέθηκαν. Τα κατώτερα στρώματα των πετρωμάτων είναι συνήθως τα αρχαιότερα, ενώ τα πιο πρόσφατα απολιθώματα βρίσκονται στα ανώτερα στρώματα. Σήμερα τα πετρώματα και τα απολιθώματα χρονολογούνται με τη μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης, υπολογίζοντας το βαθμό διάσπασης συγκεκριμένων ραδιενεργών στοιχείων που υπάρχουν σ' αυτά.



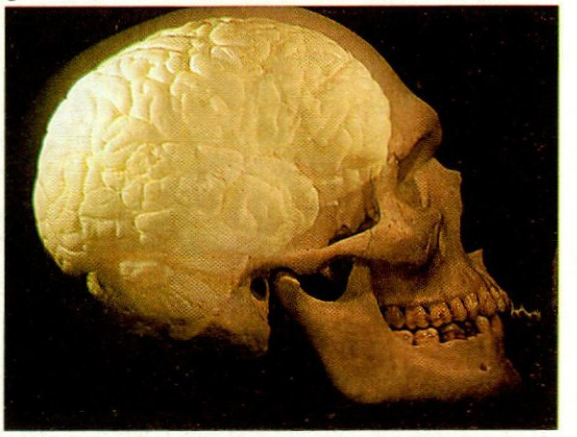
Εικόνα 3.13: Απολιθώματα από την Ελλάδα: α) σπόνδυλοι θηλαστικού από τη Σάμο, β) αμμωνίτης από το Μπαλί Ρεθύμνου, γ) τμήμα απολιθωμένου κορμού κωνοφόρου δέντρου (ηλικίας 20 εκατ. ετών) και δ) αποτύπωμα φύλλου από το απολιθωμένο δάσος στο Σίγρι Μυτιλήνης

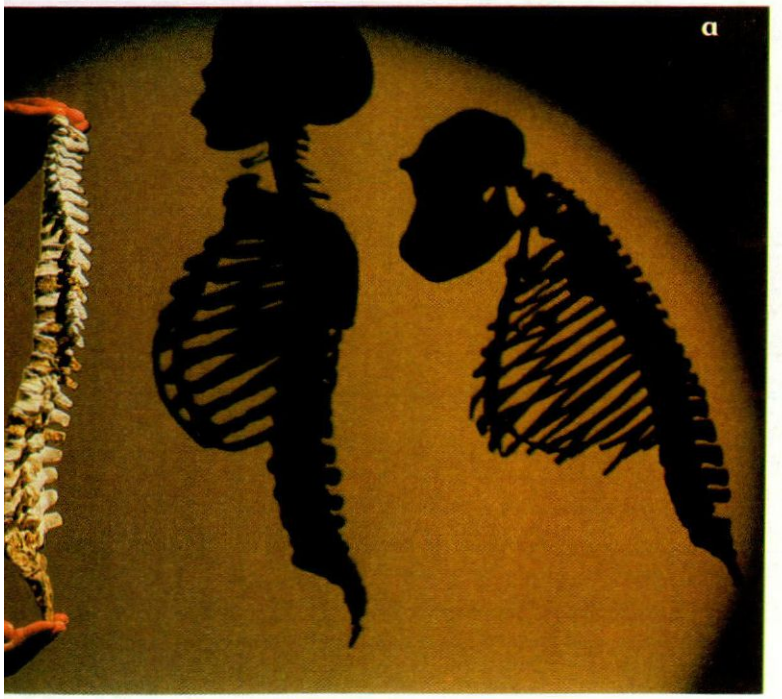
Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά ενός απολιθώματος με άλλα, αλλά και με σύγχρονους οργανισμούς, μπορούμε να εκτιμήσουμε την εξελικτική πορεία ενός είδους.

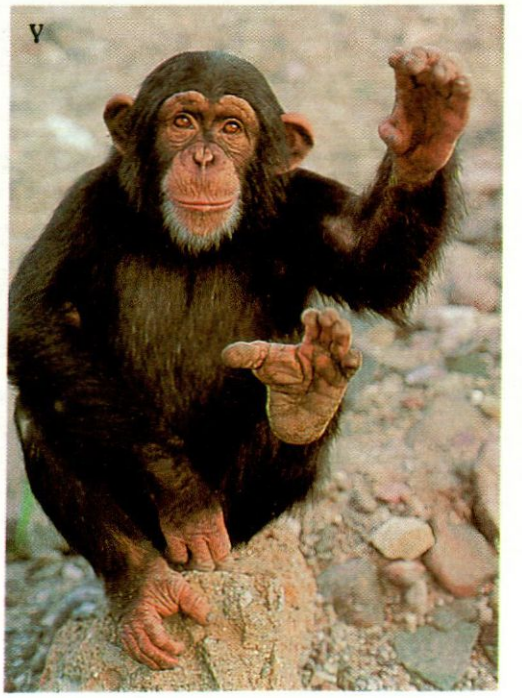
Για παράδειγμα, από τη μελέτη των απολιθωμάτων προγονικών μορφών του είδους μας μπορούμε να πάρουμε πλήθος πληροφοριών:

- Από το σχήμα των οστών της λεκάνης, από το μήκος των άνω άκρων σε σχέση με το μήκος των κάτω άκρων ή από τα αποτυπώματα του πέλματος σε ηφαιστειακές στάχτες συμπεραίνουμε αν ο οργανισμός βάδιζε σε δύο ή σε τέσσερα άκρα.
- Η αυξημένη κρανιακή χωρητικότητα και η ύπαρξη εργαλείων κοντά στα παλαιοντολογικά ευρήματα μας δίνουν πληροφορίες για τη νοημοσύνη του οργανισμού.
- Η μελέτη της οδοντοστοιχίας του οργανισμού ή μόνο κάποιων δοντιών του, τα ίχνη φωτιάς, η ύπαρξη οστών από

β





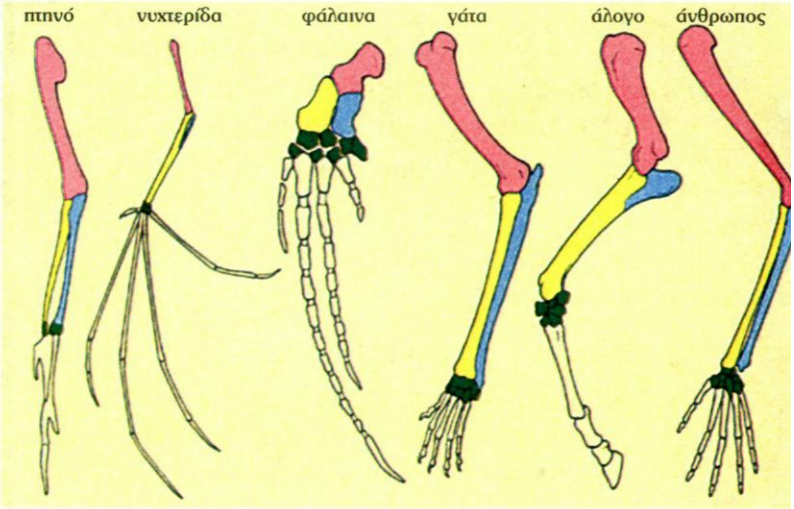


Εικόνα 3.14: α) Σύγκριση της σπονδυλικής στήλης του ανθρώπου και του χιμπαντζή, β) σύγκριση του κρανίου και του εγκεφάλου (επάνω: χιμπαντζής, κάτω: άνθρωπος), γ) αντιτακτό δάχτυλο στα πόδια του χιμπατζή

άλλα ζώα είναι ικανά να «προδώσουν» τις διατροφικές συνήθειές του.

- Η χρονολόγηση των απολιθωμάτων, το βάθος στο οποίο αυτά ανακαλύφθηκαν, αλλά και η εξέταση των κόκκων γύρης που ενδεχομένως βρέθηκαν μαζί με τα οστά δίνουν ενδείξεις για το κλίμα που επικρατούσε την εποχή εκείνη.

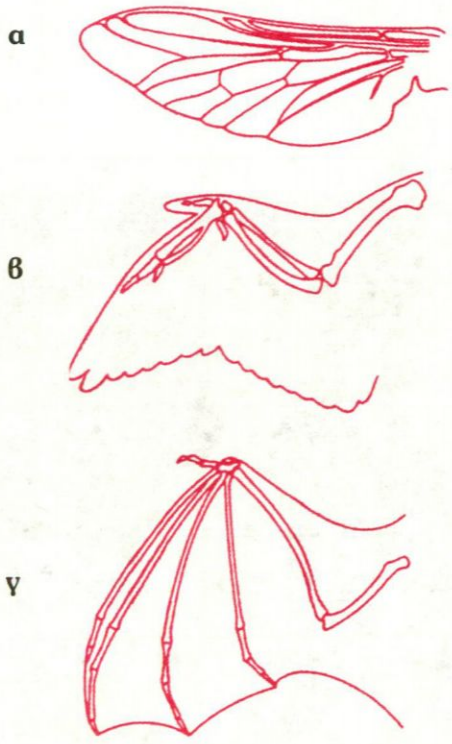
Δυστυχώς το αρχείο των απολιθωμάτων δεν είναι πλήρες. Αυτό οφείλεται στο ότι η δημιουργία των απολιθωμάτων, καθώς και η ανακάλυψή τους, είναι κατά κύριο λόγο μια τυχαία διαδικασία. Επιπλέον δεν απολιθώθηκαν όλοι οι οργανισμοί, γιατί δεν αποτελούνται όλοι από σκληρά μέρη. Πολλά εξάλλου απολιθώματα μπορεί να καταστράφηκαν από σεισμούς, ηφαιστειακές εκρήξεις κ.ά. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένα πλήρες αρχείο απολιθωμάτων για όλους τους οργανισμούς που έζησαν κάποτε στη Γη. Έτσι το φυλογενετικό δέντρο που κατασκευάζεται είναι ένα παζλ από το οποίο όμως λείπουν κομμάτια.



Εικόνα 3.15: Τα άκρα των σπονδυλωτών είναι ομόλογα.

2. Δεδομένα από την Ανατομία

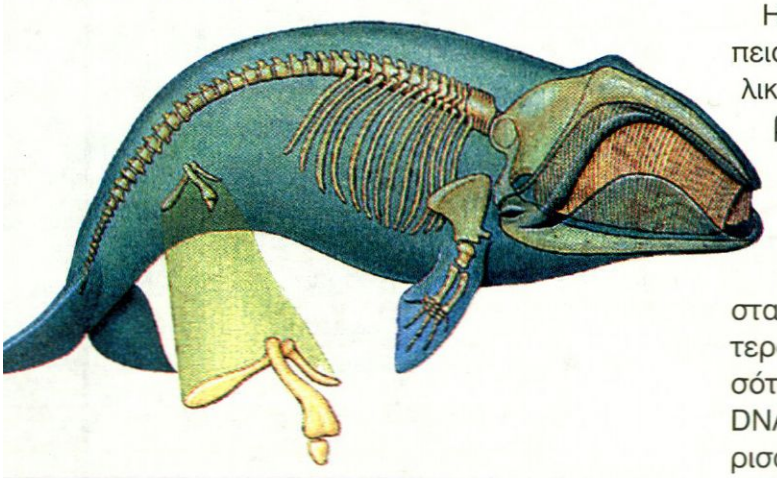
Συγκριτικές μελέτες διάφορων ζώων παρέχουν ισχυρές ενδείξεις για την εξέλιξη των ειδών. Για παράδειγμα, σε διάφορα είδη σπονδυλωτών τα άνω άκρα αποτελούνται από την ίδια βασική σειρά οστών, τροποποιημένων άλλοτε σε φτερό (π.χ. στη νυχτερίδα), άλλοτε σε πτερύγιο (π.χ. στη φώκια), άλλοτε σε πόδι (π.χ. στο βάτραχο ή στο άλογο). Αυτά τα όργανα ονομάζονται **ομόλογα** και έχουν την ίδια φυλογενετική προέλευση, όμοια κατασκευή, αλλά διαφέρουν στη λειτουργία. Τα όργανα όμως που έχουν παρόμοια λειτουργία αλλά διαφορετική εμβρυϊκή προέλευση, όπως είναι για παράδειγμα η επιφάνεια των πτερύγων των πουλιών (από φτερά), των νυχτερίδων (από δέρμα) και της πεταλούδας (από υμένα



Εικόνα 3.16: Οι πτέρυγες της μύγας (α) τα φτερά των πουλιών (β) και το δέρμα πυ καλύπτει τα άνω άκρα της νυχτερίδας (γ) χαρακτηρίζονται εώς ανάλογα όργανα, επειδή, παρ' όλο που έχουν διαφορετική κατασκευή και φυλογενετική προέλευση, εκτελούν την ίδια λειτουργία.

που είναι συνέχεια του εξωσκελετού της), είναι **ανάλογα** όργανα.

Πολλοί οργανισμοί έχουν όργανα ή δομές χωρίς κάποια εμφανή λειτουργία. Για παράδειγμα, η φάλαινα, που δε διαθέτει κάτω άκρα, έχει στην κοιλιά της υπολείμματα των οστών της λεκάνης και των κάτω άκρων. Αυτό υποδηλώνει ότι η φάλαινα προήλθε από τετράποδα θηλαστικά. Τα όργανα αυτά ονομάζονται υπολειμματικά και αποτελούν ενδείξεις για την κοινή καταγωγή των οργανισμών που τα φέρουν.



Εικόνα 3.17: Υπολειμματικά όργανα: οστά της λεκάνης στη φάλαινα

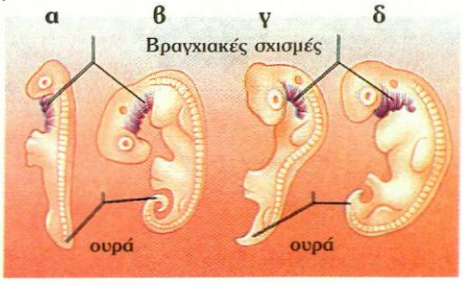
3. Δεδομένα από την Εμβρυολογία

Επιπρόσθετα στοιχεία για την εξέλιξη των ειδών προκύπτουν από τις συγκριτικές μελέτες εμβρύων. Αν εξετάσει κανείς τα διάφορα στάδια της εμβρυϊκής ανάπτυξης διάφορων ειδών, όπως τα σπονδυλωτά, θα βρει εκπληκτικές ομοιότητες στα αρχικά στάδια των εμβρύων. Για παράδειγμα, όλα τα έμβρυα έχουν βραγχιακές σχισμές, οι οποίες υποδηλώνουν ότι τα σπονδυλωτά προήλθαν εξελικτικά από έναν κοινό υδρόβιο οργανισμό.

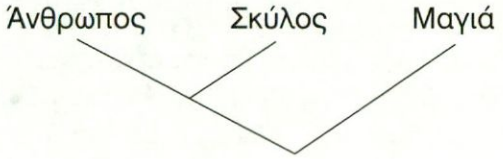
4. Δεδομένα από τη Μοριακή Βιολογία

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, όσο διαφορετικοί κι αν φαίνονται εξωτερικά, παρουσιάζουν εκπληκτική ομοιότητα σε μοριακό επίπεδο. Σε όλους τους οργανισμούς υπάρχουν νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες. Όλα τα έμβια όντα «μιλούν την ίδια γλώσσα» στο επίπεδο των γονιδίων. Ο γενετικός κώδικας, ο τρόπος με τον οποίο η «γλώσσα» του DNA μεταφράζεται στη «γλώσσα» των πρωτεϊνών, είναι παγκόσμιος. Επειδή όμως είναι απίθανο τόσο πολύπλοκες διαδικασίες να έχουν εξελιχθεί ανεξάρτητα σε κάθε είδος, τα δεδομένα αυτά αποδεικνύουν αναμφισβήτητα πως όλοι οι οργανισμοί έχουν κοινή προέλευση.

Η εξέλιξη ενός πληθυσμού είναι συνέπεια αλλαγών που γίνονται στο γενετικό υλικό του. Επομένως είναι αναμενόμενο να βρίσκεται σ' αυτό καταγεγραμμένη η εξελικτική ιστορία των οργανισμών. Συγκρίνοντας αλληλουχίες νουκλεοτιδίων μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τις εξελικτικές σχέσεις ανάμεσα στα είδη. Έτσι οι οργανισμοί που είναι λιγότερο συγγενικοί μεταξύ τους έχουν περισσότερες διαφορές στην αλληλουχία του DNA τους, ενώ οι οργανισμοί που είναι περισσότερο συγγενικοί μεταξύ τους έχουν λιγότερες. Και η σύγκριση όμως των πρωτεϊνών που έχουν παρόμοια λειτουργία σε διαφορετικά είδη οργανισμών παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις εξελικτικές σχέσεις τους. Για παράδειγμα, τα κυτοχρώματα του ανθρώπου και του χιμπαντζή διαφέρουν κατά ένα μόνο αμινοξύ, του ανθρώπου και του σκύλου κατά 11 αμινοξέα και του ανθρώπου και της μαγιάς κατά 45 αμινοξέα, πράγμα που υποδηλώνει τις φυλογενετικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους.



Εικόνα 3.18: Έμβρυα: α) ψαριού, β) ερπετού, γ) πτηνού, δ) ανθρώπου



Εικόνα 3.19: Η σύγκριση των πρωτεϊνών που εκτελούν παρόμοια λειτουργία, όπως για παράδειγμα το κυτόχρωμα, βοηθά τους επιστήμονες να κατασκευάζουν φυλογενετικά δέντρα.

Οι επιστήμονες κατασκευάζουν φυλογενετικά δέντρα και με τη σύγκριση των πρωτεϊνών.

Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε για τις φυλογενετικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών προέρχονται συνήθως από τη σύνθεση των πληροφοριών που μας παρέχει η σύγκριση όχι ενός αλλά πολλών διαφορετικών πρωτεϊνών τους.

Γεωλογικοί αιώνες

Οι επιστήμονες, χρησιμοποιώντας γεωλογικές και βιολογικές πληροφορίες, έχουν χωρίσει την ιστορία της Γης σε αιώνες και περιόδους. Αψευδείς μάρτυρες των γεωλογικών και των βιολογικών φαινομένων που έγιναν κατά τη διάρκειά τους είναι τα πετρώματα και τα απολιθώματα.

Αιώνας	Περίοδος	Από-έως (οι αριθμοί σε εκατομμύρια χρόνια)
Καινοζωικός Ο αιώνας των Θηλαστικών	Τεταρτογενής Τριτογενής	1.8-σήμερα 65-1.8
Μεσοζωικός Ο αιώνας των Ερπετών	Κρητιδική Ιουρασική Τριαδική	145-65 213-145 248-213
Παλαιοζωικός Ο αιώνας των Τριλοβιτών	Πέρμια Λιθανθρακοφόρα Δεβόνια Σιλούρια Κάμβριο	286-248 360-286 410-360 440-410 544-505
Προτεροζωικός Αιώνας		2500-544
Αρχαϊκός Αιώνας, εμφάνιση της ζωής		3800-2500

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ιδέα της εξέλιξης δεν είναι αποκλειστικά προϊόν της εργασίας του Δαρβίνου. Πολλοί στοχαστές που είχαν προηγηθεί του Δαρβίνου, ανάμεσα στους οποίους περιλαμβάνονται και οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, υποστήριξαν ότι οι υπάρχοντες οργανισμοί έχουν προέλθει από τροποποίηση προγενέστερων μορφών. Η πρώτη απόπειρα θεωρητικής θεμελίωσης ενός πιθανού μηχανισμού με τον οποίο προχωρά η εξέλιξη έγινε από το Γάλλο ζωολόγο Λαμάρκ. Στη θεωρία του Λαμάρκ οι μεταβολές του περιβάλλοντος «καθοδηγούν» τους οργανισμούς να αναπτύξουν κατάλληλες συνήθειες ή δομές, ώστε να προσαρμόζονται σ' αυτό. Η θεωρία του Λαμάρκ, παρά τη συνεισφορά της στην υποστήριξη της εξέλιξης, βασιζόταν σε λανθασμένα δεδομένα, όπως είναι η κληρονομική μεταβίβαση των επίκτητων χαρακτηριστικών.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Αγώνας για επιβίωση
Ανάλογα όργανα
Βιομηχανικός μελανισμός
Γενετική απομόνωση
Γενετική ποικιλομορφία
Γονιδιακή μετάλλαξη
Ειδογένεση
Επίκτητα χαρακτηριστικά
Θεωρία κληρονομικής μεταβίβασης επίκτητων χαρακτηριστικών
Μετάλλαξη
Ομόλογα όργανα
Πληθυσμός
Ποικιλομορφία
Προσαρμογή
Υπολειμματικά όργανα
Φυλογένεση
Φυλογενετικό δέντρο
Φυσική επιλογή

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πολλοί από τους μελετητές της ιστορίας της Βιολογίας ισχυρίζονται ότι χωρίς τη θεωρία της φυσικής επιλογής η Βιολογία θα ήταν μια στείρα περιγραφή φυτικών και ζωικών οργανισμών. Συμφωνείτε με την άποψη αυτή; Αν ναι, να αναφέρετε διεξοδικά τα επιχειρήματά σας.

2. Ένας συμμαθητής σας παρομοίωσε την εξέλιξη των οργανισμών με ένα ποδήλατο το οποίο, για να ισορροπεί, πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή κίνηση (μεταβολή). Είναι βάσιμη αυτή η αναλογία; Να αναπτύξετε τις απόψεις σας.

3. Να αναφέρετε παραδείγματα από την καθημερινή κουβέντα στα οποία φαίνεται να επιβιώνει η θεωρία του Λαμάρκ.

4. Ποια είναι η μονάδα επί της οποίας δρα η εξέλιξη; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

5. Μερικοί υποστηρίζουν ότι η θεωρία της φυσικής επιλογής δεν είναι ορθή, καθώς δεν μπορεί να εξηγήσει πώς στον ανθρώπινο πληθυσμό παραμένουν γονίδια που δεν έχουν επωφελή δράση ή είναι άχρηστα. Πιστεύετε ότι το επιχείρημα αυτό είναι βάσιμο; Να αναπτύξετε τις απόψεις σας.

6. Είναι πιθανόν ένας οργανισμός να προσαρμοστεί τόσο πολύ στο περιβάλλον του, ώστε να μην εξελίσσεται πλέον;

7. Να συγκρίνετε τη θεωρία του Λαμάρκ με αυτήν του Δαρβίνου. Πώς θα εξηγούσατε το παράδειγμα του βιομηχανικού μελανισμού με τη μία και πώς με την άλλη θεωρία;

8. Ποια ήταν τα αδύνατα σημεία της θεωρίας του Δαρβίνου, όπως αυτή διατυπώθηκε στην πρώτη εκδοχή της; Πώς ενισχύθηκαν στη συνθετική θεωρία;

9. Πώς είναι προτιμότερο κατά την άποψή σας να προχωρεί η εξέλιξη, με πολλές μικρές μεταβολές στους υπάρχοντες οργανισμούς ή με λίγες μεγάλες; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

10. Για ποιο λόγο οι μεταλλάξεις δεν μπορούν να κατευθύνουν από μόνες τους την εξελικτική πορεία;

11. Έχει διαπιστωθεί ότι πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα όπως το DDT. Να εξηγήσετε το μηχανισμό απόκτησης αυτής της ανθεκτικότητας σύμφωνα με τη θεωρία του Λαμάρκ και τη θεωρία του Δαρβίνου.

3.4 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ένα από τα ερωτήματα που απασχολούν τη Βιολογία, αλλά ενδιαφέρουν και τον απλό άνθρωπο, είναι η προέλευση του είδους μας. Στο ερώτημα αυτό προσπάθησε να απαντήσει ο Κάρολος Δαρβίνος, όταν 12 χρόνια μετά τη δημοσίευση της περίφημης *Καταγωγής των ειδών* εξέδωσε ένα άλλο βιβλίο με τίτλο *Η καταγωγή του ανθρώπου*. Στο βιβλίο αυτό υποστήριζε ότι ο άνθρωπος και ο πίθηκος έχουν κοινό πρόγονο και όχι, όπως πιστεύεται λανθασμένα, ότι ο άνθρωπος προέρχεται από τον πίθηκο. Τα απολιθώματα που υπήρχαν διαθέσιμα εκείνη την εποχή, ώστε να τεκμηριωθεί μια τέτοια υπόθεση, ήταν ελάχιστα και το ίδιο ίσχυε για περισσότερο από 100 χρόνια μετά. Τις τελευταίες όμως δεκαετίες τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί, καθώς και η έρευνα σε άλλες περιοχές της Βιολογίας, ιδιαίτερα μάλιστα στη Μοριακή Βιολογία, δε γεννούν καμιά αμφιβολία ότι ο άνθρωπος, όπως και κάθε άλλος οργανισμός του πλανήτη, είναι προϊόν εξέλιξης.

Η μελέτη των απολιθωμάτων επιτρέπει την ανασύσταση της μορφής των προγόνων μας, οδηγεί όμως, ως ένα βαθμό, και στην ανασύσταση της εικόνας που έχουμε για τις συνήθειες και τον τρόπο ζωής τους.

3.4.1 Το γενεαλογικό μας δέντρο

Αν θέλαμε να τοποθετήσουμε το είδος μας στο σύστημα κατάταξης όλων των ζωικών οργανισμών, θα λέγαμε ότι είμαστε μέλη του υποφύλου των Σπονδυλωτών. Καθώς μάλιστα διατηρούμε σταθερή θερμοκρασία και διαθέτουμε τροποποιημένους δερματικούς αδένες που παράγουν γάλα, υπαγόμαστε σε ένα υποσύνολο των Σπονδυλωτών που συνιστά την κλάση των Θηλαστικών. Ακόμη πιο πέρα, θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε το είδος μας στα Πρωτεύοντα, την τάξη των Θηλαστικών η οποία, εκτός από εμάς, περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς προγόνους μας και τους σύγχρονους πιθήκους.

Όμως, από όλα τα είδη με τα οποία μπορούμε να συγκατατάχθούμε στη μία ή στην άλλη ταξινομική βαθμίδα, είμαστε το μόνο είδος που είναι ικανό να κατασκευάζει και να χρησιμοποιεί εργαλεία, να μιλά, να γράφει και να δημιουργεί πολιτισμό. Για να καταλάβουμε πώς αναπτύχθηκαν εξελικτικά οι δυνατότητες αυτές, είναι απαραίτητο να γνωρίσουμε την εξελικτική ιστορία των Θηλαστικών και των Πρωτευόντων.

3.4.2 Η εμφάνιση των Θηλαστικών και των Πρωτευόντων

Τα Θηλαστικά εξελίχθηκαν πριν από 240 εκατομμύρια χρόνια από τα Ερπετά. Αυτό συνέβη κατά το Μεσοζωικό Αιώνα, που αποκλήθηκε «Αιώνας των Ερπετών», γιατί κατά τη διάρκειά του τα Ερπετά (στα οποία περιλαμβάνονται και οι Δεινόσαυροι) είχαν καταλάβει κάθε περιοχή του πλανήτη που ήταν κατάλληλη για την επιβίωσή τους.

ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΤΩΝ ΘΗΛΑΣΤΙΚΩΝ

- Τα **Μονοτρήματα** γεννούν αυγά. Μετά την εκκόλαψη τα μικρά θηλάζουν γάλα (π.χ. πλατύπους ή ορνιθόρρυγχος).
- Τα **Μαρσιποφόρα** διαθέτουν το μάρσιπο, μια δερματική πτυχή όπου αναπτύσσεται το νεογέννητο θηλάζοντας (π.χ. καγκουρό).
- Τα **Πλακουντοφόρα** διαθέτουν τον πλακούντα, ένα όργανο ανταλλαγής ουσιών μεταξύ του εμβρύου και της μητέρας του.

Τρεις ήταν οι κύριες κατηγορίες των Θηλαστικών που υπήρξαν κατά το Μεσοζωικό Αιώνα: τα **Μονοτρήματα**, μια ιδιαίτερη ομάδα Θηλαστικών που γεννά αυγά, όπως είναι ο σύγχρονος πλατύπους, τα **Μαρσιποφόρα**, οι πρόγονοι των σύγχρονων καγκουρό, και τα **Πλακουντοφόρα**, μικρά Θηλαστικά που διαθέτουν τον **πλακούντα**, ένα όργανο ανταλλαγής ουσιών μεταξύ του εμβρύου και της μητέρας του.

Αυτά τα πρώτα Θηλαστικά αποτελούσαν για περισσότερο από 150 εκατομμύρια χρόνια ένα μικρό ποσοστό ανάμεσα στις υπόλοιπες μορφές ζωής που υπήρχαν στον πλανήτη.

Πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια οι Δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν. Η μεταβολή αυτή επέτρεψε στα πρώτα Θηλαστικά να επεκταθούν σε περιοχές που μέχρι τότε καταλάμβαναν οι Δεινόσαυροι. Η εμφάνιση μάλιστα νέων φυτικών ειδών δημιούργησε επιπλέον βιότοπους, οι οποίοι προσέφεραν στα Θηλαστικά περισσότερες δυνατότητες στην εξεύρεση τροφής και μεγαλύτερη προστασία από τους θηρευτές τους. Έτσι κατά τον Καινοζωικό Αιώνα τα Θηλαστικά εξαπλώθηκαν και εξελίχθηκαν στα **Πρωτεύοντα**, την τάξη δηλαδή των Θηλαστικών στην οποία ανήκει ο σύγχρονος άνθρωπος, τα προγονικά είδη του και οι χιμπαντζήδες, οι ουραγκοτάγκοι, οι γορίλες, οι λεμούριοι, οι τάρσιοι κ.ά.

Τα πρώτα μάλιστα Πρωτεύοντα που εμφανίστηκαν εξελίχθηκαν από τα μικρά Πλακουντοφόρα Θηλαστικά τα οποία ζούσαν σε δέντρα και τρέφονταν με έντομα. Πολλά εξάλλου από τα χαρακτηριστικά του σύγχρονου ανθρώπου και των άλλων Πρωτευόντων σχετίζονται με το δενδρόβιο παρελθόν των προγόνων τους.

Εικόνα 3.20: Αντιπροσωπευτικά είδη Πρωτευόντων: α) ουραγκοτάγκος, β) χιμπαντζής, γ) γορίλας

3.4.3 Τα χαρακτηριστικά των Πρωτευόντων

Τα Πρωτεύοντα εξελίχθηκαν αναπτύσσοντας προσαρμογές που τα καθιστούσαν ικανά να ζουν επάνω στα δέντρα (δενδρόβια είδη). Από τη συσσώρευση αυτών των προσαρμογών σχηματίστηκε το σύνολο των χαρακτηριστικών που αποτέλεσαν το υπόβαθρο για τη μελλοντική εμφάνιση του ανθρώπου, ο οποίος όμως άρχισε να ζει στο έδαφος (εδαφόβιο είδος).

Στα κοινά χαρακτηριστικά των Πρωτευόντων περιλαμβάνονται:

- **Δάχτυλα κατάλληλα για λαβές.** Το μεγάλο δάχτυλο των άνω άκρων των Πρωτευόντων μπορεί να τοποθετηθεί απέναντι από την παλάμη τους, είναι δηλαδή αντιτακτό. Έτσι τα Πρωτεύοντα μπορούν να εφαρμόζουν λαβές και να πιάνουν αντικείμενα όπως τα κλαδιά των δέντρων.
- **Μακριά και ευκίνητα άκρα.** Τα άκρα αυτά μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα στους ώμους και στη λεκάνη, ώστε να βοηθούν τα Πρωτεύοντα να συλλαμβάνουν την τροφή τους και να σκαρφαλώνουν στα δέντρα.
- **Στερεοσκοπική όραση.** Η διαβίωση επάνω στα δέντρα, αν δε συνοδεύεται από την ικανότητα εκτίμησης του βάθους του πεδίου και των αποστάσεων, μπορεί να αποβεί επικίνδυνη. Η θέση των ματιών των Πρωτευόντων στο πρόσθιο τμήμα του κεφαλιού τους προκαλεί επικάλυψη των δύο οπτικών πεδίων τους. Έτσι τα Πρωτεύοντα έχουν τρισδιάστατη όραση, η οποία τους επιτρέπει να αντιλαμβάνονται ρεαλιστικά το περιβάλλον τους, να υπολογίζουν τις αποστάσεις και να πιάνονται από τα κλαδιά, καθώς πηδούν από δέντρο σε δέντρο.
- **Έγχρωμη όραση.** Τα πρώτα Πρωτεύοντα ήταν νυχτόβια, όταν όμως αργότερα μετατράπηκαν σε ημερόβια, η όρασή τους έγινε έγχρωμη και συνεπώς απέκτησαν αντικειμενικότερη αντίληψη του περιβάλλοντος.
- **Αναπτυγμένος εγκέφαλος.** Τα Πρωτεύοντα, από όλα τα Θηλαστικά, διαθέτουν το μεγαλύτερο, σε σχέση με τις σωματικές διαστάσεις τους, εγκέφαλο. Αρκετοί ερευνητές διατείνονται ότι η αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου των Πρωτευόντων σχετίζεται με την αυξημένη εισροή αισθητικών πληροφοριών, η οποία ήταν αποτέλεσμα της ανάπτυξης της όρασης και της ακοής, και με την αποδέσμευση των άνω άκρων από την ανάγκη χρησιμοποίησής τους για βάδισμα. Πάντως ο μεγαλύτερος και περισσότερο περίπλοκος εγκέφαλός τους, με το μεγάλο αριθμό νευρικών κυττάρων και συνδέσεων μεταξύ τους, τα καθιστά ικανά για πιο σύνθετες νοητικές λειτουργίες.
- **Η προστασία των μικρών.** Τα Πρωτεύοντα, εκτός από τη διαβίωση επάνω στα δέντρα, ανέπτυξαν και νέες αναπαραγωγικές στρατηγικές. Ενώ τα υπόλοιπα Θηλαστικά γεννούν ένα σχετικά μεγάλο αριθμό νεογνών, τα Πρωτεύοντα γεννούν κατά κανόνα ένα μόνο μικρό σε κάθε γέννα. Για το λόγο αυτό το μικρό πρέπει να διατρέφεται και να προστατεύεται από τη μητέρα του για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη γέννα.
- **Η όρθια στάση.** Ο άνθρωπος αποτελεί το μοναδικό Πρωτεύον που βαδίζει εντελώς όρθιο. Βέβαια και ο γορίλας και ο χιμπαντζής περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους σε ελαφρά κατακόρυφη (παρά οριζόντια) στάση, περπατούν όμως αγγίζοντας το έδαφος με τα χέρια τους. Η όρθια στάση, που οδήγησε στην εξελικτική γραμμή του ανθρώπου, αποδέσμευσε τα άνω άκρα για άλλες δραστηριότητες πέρα από το βάδισμα, συνέβαλε στην ανάπτυξη της νοημοσύνης και έδωσε τη

δυνατότητα της θέασης από πιο ψηλά και επομένως της εποπτείας μιας μεγαλύτερης περιοχής.

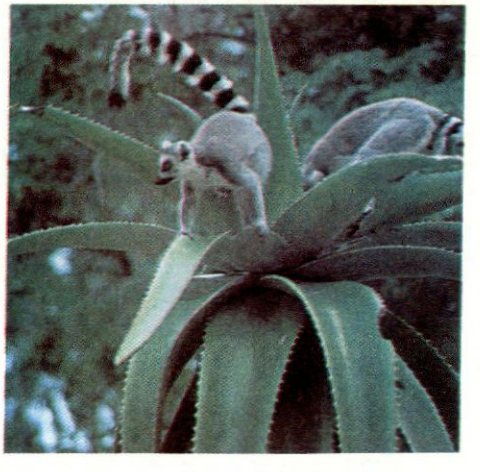
3.4.4 Η εξέλιξη των Πρωτευόντων

Πώς όμως εξελίχθηκαν τα σύγχρονα Πρωτεύοντα από τα μικρά εντομοφάγα Πλακουντοφόρα Θηλαστικά; Η σύγκριση των πληροφοριών από τη Μοριακή Βιολογία και τη Γενετική, σε συνδυασμό με τη μελέτη των απολιθωμάτων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα πρώτα Πρωτεύοντα, από τα οποία έχουν προέλθει όλες οι σύγχρονες μορφές, ήταν οι Προπίθηκοι. Οι Προπίθηκοι εμφανίστηκαν στη Γη πριν από 50 εκατομμύρια χρόνια. Αποκτώντας τα βασικά χαρακτηριστικά της τάξης τους (δάχτυλα κατάλληλα για λαβές, μάτια στο πρόσθιο τμήμα του κεφαλιού κτλ.) οι Προπίθηκοι εξαπλώθηκαν σε ένα μεγάλο μέρος του πλανήτη, καθώς τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί μαρτυρούν την ύπαρξή τους στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική (σημειωτέον ότι οι δύο ήπειροι τότε ήταν ακόμη ενωμένες) και στην Ασία. Οι Προπίθηκοι μάλιστα που επιβιώνουν ως τις μέρες μας (λεμούριοι, τάρσιοι) έχουν αλλάξει ελάχιστα σε σχέση με τα προγονικά τους είδη. Δυστυχώς όμως οι λεμούριοι που ζουν στα δάση της Μαδαγασκάρης απειλούνται με εξαφάνιση, αφού η ανθρώπινη παρέμβαση έχει προκαλέσει σημαντικές καταστροφές στους βιότοπούς τους.

Πριν από 38 εκατομμύρια χρόνια μια ομάδα Προπιθήκων εξελίχθηκε στα **Ανθρωποειδή**, στην ομάδα των Πρωτευόντων που περιλαμβάνει το γίββωνα, τον ουραγκοτάγκο, το χιμπαντζή, το γορίλα και τον άνθρωπο. Τα Ανθρωποειδή, με βάση τα απολιθώματα, φαίνεται ότι πρωτοεμφανίστηκαν στην Αφρική και στην Ασία. Το μέγεθός τους ήταν γενικά μεγαλύτερο από αυτό των Προπιθήκων και τα περισσότερα ήταν ημερόβια, σε αντίθεση με τους Προπιθήκους που ήταν νυχτόβιοι. Πριν από 35 εκατομμύρια χρόνια στη γεωγραφική περιοχή που αντιστοιχεί στη σημερινή Αίγυπτο έζησε το παλαιότερο γνωστό Ανθρωποειδές, ο **Αιγυπτιοπίθηκος**. Αυτό το Ανθρωποειδές, που είχε περίπου το μέγεθος της γάτας και ήταν δενδρόβιο, μέσα από διαδοχικές μορφές εξελίχθηκε στο **Δρυοπίθηκο**.

Η σημασία του Δρυοπιθήκου στην εξέλιξη των Πρωτευόντων είναι μεγάλη, γιατί είναι ίσως το προγονικό είδος από το οποίο προήλθαν, αποκλίνοντας μεταξύ τους, ο γορίλας, ο χιμπαντζής και ο άνθρωπος. Το Ανθρωποειδές αυτό ήταν κατά βάση δενδρόβιο, ίσως όμως να περνούσε και ένα μέρος της ζωής του στο έδαφος.

Οι αποδείξεις για τη φυλογενετική σχέση που υπάρχει μεταξύ του γορίλα, του χιμπαντζή και του ανθρώπου στο μοριακό επίπεδο είναι άφθονες. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι αλληλουχίες των νουκλεοτιδίων του DNA στον άνθρωπο και στο χιμπαντζή διαφέρουν μόνο κατά 1,27% και ότι η αλυσίδα α της αιμοσφαιρίνης τους είναι τελείως όμοια, ενώ η αλυσίδα β διαφέρει κατά ένα μόνο αμινοξύ. Οι μελέτες των μοριακών ευρημάτων και των απολιθωμάτων οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο γορίλας απέκλινε από την εξελικτική γραμμή του ανθρώπου και του χιμπαντζή πριν από 8 με 10 εκατομμύρια χρόνια, ενώ οι εξελικτικές γραμμές του χιμπαντζή και του ανθρώπου διαχωρίστηκαν πριν από 6 μόλις εκατομμύρια χρόνια.

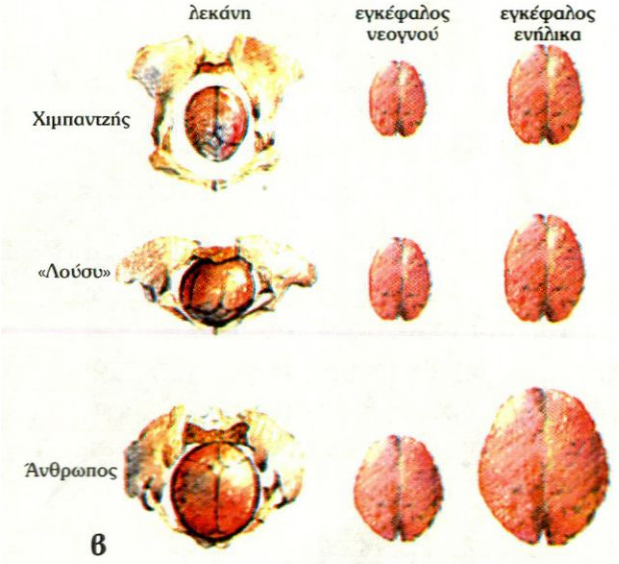


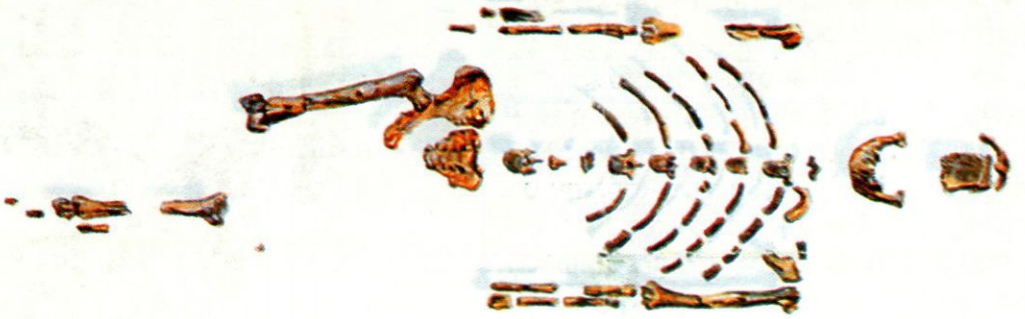
Εικόνα 3.21: Λεμούριοι

3.4.5 Η εμφάνιση των Ανθρωπιδών

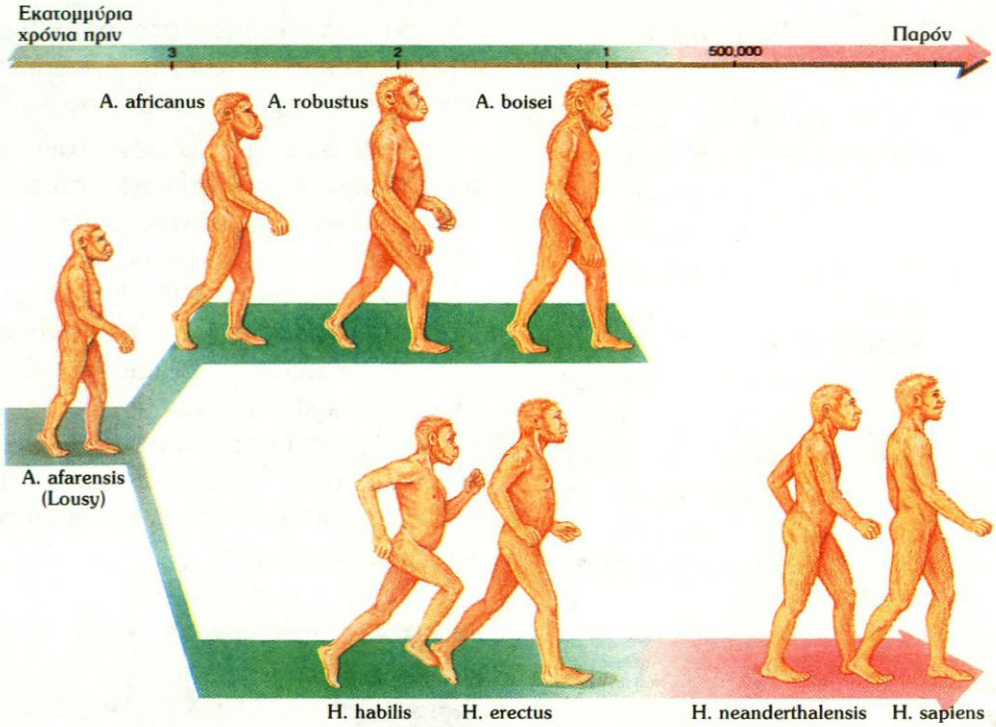
Το 1924 ο Βρετανός ανθρωπολόγος Ρέυμοντ Νταρτ (Raymond Dart) ανακάλυψε σε λατομείο της Ανατολικής Αφρικής ένα κρανίο ηλικίας 2,8 με 3,8 εκατομμυρίων χρόνων. Ονόμασε το εύρημά του **Αυστραλοπίθηκο**, γιατί βρέθηκε στις νότιες περιοχές (Austral) της Ανατολικής Αφρικής. Από τη μελέτη όμως και άλλων απολιθωμάτων που βρέθηκαν σε διάφορες περιοχές της Αφρικής (όπως του *Australopithecus bosei*) προέκυψε ότι ο Αυστραλοπίθηκος αποτελεί έναν από τους άμεσους προγόνους του ανθρώπου, καθώς με βάση τα χαρακτηριστικά του τοποθετείται στους **Ανθρωπίδες**, την οικογένεια δηλαδή των Ανθρωποειδών στην οποία ανήκει ο άνθρωπος.

Το καλύτερα διατηρημένο και πληρέστερο απολίθωμα (αποτελείται από τα 2/3 του σκελετού και έχει άθικτες μερικές ανατομικές συνδέσεις) είναι η «Λούσυ», που βρέθηκε στην Αιθιοπία το 1974, στην περιοχή Αφάρ. Η «Λούσυ», που πήρε το όνομά της από το δημοφιλές τραγούδι των Μπιτλς (Lucy in the sky with diamonds) το οποίο άκουγαν οι ερευνητές κατά τη διάρκεια των εργασιών τους, είναι ένας νεαρός θηλυκός Αυστραλοπίθηκος που έζησε πριν από 3 εκατομμύρια χρόνια.





Εικόνα 3.22: α) «Λούσυ», ένας θηλυκός Αυστραλοπίθηκος που έζησε πριν από 3 εκατομμύρια χρόνια, β) σύγκριση λεκάνης και μεγέθους εγκεφάλου ανάμεσα στη «Λούσυ», το χιμπαντζή και τον άνθρωπο, γ) αποτυπώματα Αυστραλοπιθήκων



Εικόνα 3.23: Εξελικτικό δέντρο Ανθρωπιδών

Λίγο αργότερα, όταν βρέθηκαν τα αποτυπώματα ενός ζευγαριού Αυστραλοπιθήκων που βημάτισε στις στάχτες του ηφαιστείου Σαντιμάν, πριν από 3 εκατομμύρια χρόνια, αποδείχτηκε ότι η όρθια στάση και η δίποδη βάδιση ήταν δύο χαρακτηριστικά που εμφανίστηκαν αρκετά νωρίς στην εξελικτική ιστορία του ανθρώπου. Στα αποτυπώματα αυτά αναγνωρίζεται το ανθρώπινο πέλμα με τα ευθυγραμμισμένα δάχτυλα και την κατασκευή που ευνοεί τη στήριξη του βάρους του σώματος.

Ο εγκέφαλος των Αυστραλοπιθήκων, αν και ήταν μικρότερος από τον εγκέφαλο του ανθρώπου (περίπου το 1/3), ήταν μεγαλύτερος από αυτόν των πιθήκων. Από την οδοντοφυΐα τους αλλά και από τα οστά των ζώων που βρέθηκαν κοντά στα απολιθώματά τους φαίνεται πως ήταν παμφάγοι.

3.4.6 Οι πρώτοι άνθρωποι

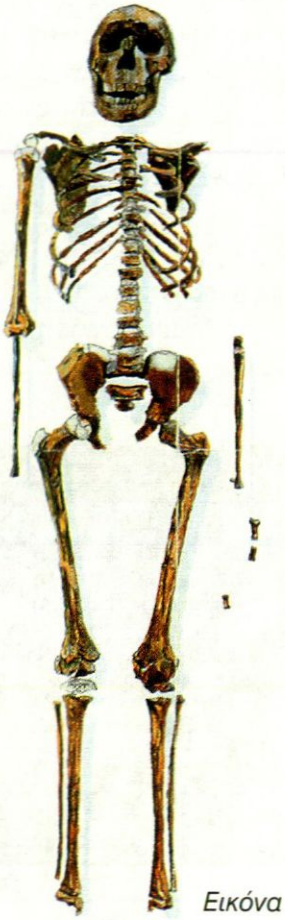
Οι πρώτοι άνθρωποι εξελίχθηκαν από τους Αυστραλοπιθήκους πριν από 2 εκατομμύρια χρόνια περίπου και αντιπροσωπεύονται από το είδος ***Homo habilis***.

Ο *Homo habilis* (άνθρωπος ο επιδέξιος) περπατούσε όρθιος, είχε δόντια που έμοιαζαν περισσότερο με αυτά του ανθρώπου

Εικόνα 3.24: Κρανίο του Homo habilis

παρά με τα δόντια των Αυστραλοπιθήκων και μεγαλύτερο εγκέφαλο από αυτούς. Έφτιαχνε και χρησιμοποιούσε πολλά πέτρινα εργαλεία και είχε μεγάλη επιδεξιότητα. Χάρη σ' αυτά τα χαρακτηριστικά του θεωρείται ένα μεγάλο βήμα από τη ζωώδη προς την ανθρώπινη κατάσταση. Ο *Homo habilis* έζησε στην Αφρική για 500.000 χρόνια και μετά εξαφανίστηκε. Τον διαδέχτηκε ένα νέο είδος ανθρώπου με ακόμα μεγαλύτερο εγκέφαλο, ο ***Homo erectus*** (άνθρωπος ο όρθιος).

Στο *Homo erectus* αποδίδονται πολλές απολιθωμένες μορφές που είναι σήμερα γνωστές ως ο *Άνθρωπος της Ιάβας* και ο *Άνθρωπος του Πεκίνου (Homo erectus pekinensis)*. Το είδος αυτό εμφανίστηκε στην Αφρική πριν από 1,6 εκατομμύρια χρόνια και είναι το πρώτο ανθρώπινο είδος που μετανάστευσε στην Ασία και στην Ευρώπη. Ζούσε σε ομάδες, κατοικούσε σε σπηλιές ή και σε ξύλινα καταλύματα που κατασκεύαζε ο ίδιος, χρησιμοποιούσε τη φωτιά και παρουσίασε μια μεγάλη στροφή στη δίαιτά του, καθώς έψηνε το κρέας που έτρωγε. Πιθανότατα είχε την ικανότητα ομιλίας. Ο *Homo erectus*, αν και παρέμεινε στον πλανήτη περισσότερα χρόνια από κάθε άλλο προγονικό μας είδος, εξαφανίστηκε από την Αφρική και την Ευρώπη πριν από 500.000 χρόνια, με την εμφάνιση του ***Homo sapiens*** (άνθρωπος ο σοφός). Έζησε όμως στην Ασία μέχρι πριν από 250.000 χρόνια.

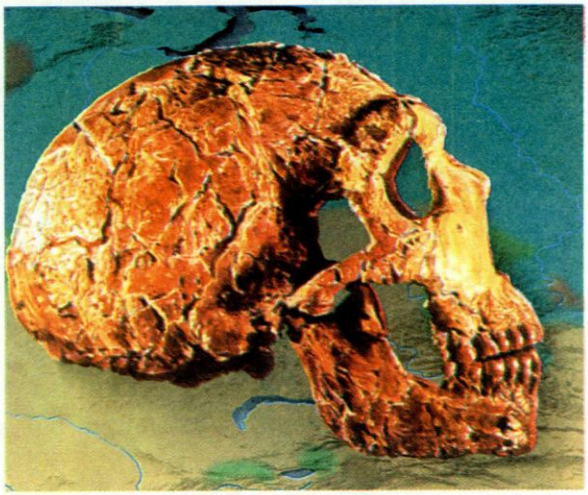


Εικόνα 3.25: Homo erectus

Η μετάβαση από το *Homo erectus* στις πρωτόγονες μορφές του *Homo sapiens* (*Homo archaico, Homo presapiens*), οι οποίες χρονολογούνται πριν από 400.000-130.000 χρόνια, φαίνεται να έγινε σταδιακά και με συνεχή αύξηση του όγκου του εγκεφάλου.

Το 1856 στην κοιλάδα Neander της Γερμανίας βρέθηκε ένα κρανίο που αποδόθηκε στον *Άνθρωπο του Νεάντερταλ*. Ο *Άνθρωπος του Νεάντερταλ* θεωρείται σήμερα ως ένα υποείδος του *Homo sapiens* και γι' αυτό ονομάζεται ***Homo sapiens neanderthalensis***. Ο *Homo sapiens neanderthalensis* εμφανίστηκε πριν από 130.000 περίπου χρόνια και έζησε μέχρι πριν από 35.000 χρόνια. Ήταν πιο δυνατός σωματικά από το σύγχρονο άνθρωπο, με προτεταμένο μέτωπο, τονισμένα υπερόφρυα τόξα και δόντια μεγαλύτερα του σύγχρονου ανθρώπου. Ζούσε ομαδικά σε σπηλιές ή καλύβες και κατασκεύαζε και χρησιμοποιούσε εργαλεία. Έκανε χρήση της φωτιάς, ντυνόταν με προβιές, έθαβε τους νεκρούς του και έδωσε δείγματα της πρωτόγονης τέχνης του. Το γεγονός ότι μαζί με τους νεκρούς έθαβε και φαγητό, όπλα και άνθη υποδηλώνει ότι πίστευε στη μεταθανάτια ζωή. Σ' αυτόν παρουσιάζονται τα πρώτα στοιχεία συμβολικής σκέψης που χαρακτηρίζουν το σημερινό άνθρωπο.

Πριν από 34.000 χρόνια περίπου τον *Άν-*



Εικόνα 3.26: Κρανίο του Ανθρώπου του Νεάντερταλ

Εικόνα 3.28: Κρανίο Homo sapiens

Εικόνα 3.27 Αναπαράσταση του Ανθρώπου του Νεάντερταλ

θρωπο του Νεάντερταλ διαδέχτηκε ο πιο εξελιγμένος άνθρωπος, ο ***Homo sapiens sapiens*** (*Άνθρωπος του Κρο-Μανιόν*, που ονομάστηκε έτσι από την κοιλάδα της Γαλλίας όπου βρέθηκε). *Ο Άνθρωπος του Κρο-Μανιόν* δε διαφέρει από το σύγχρονο άνθρωπο ως προς τα σκελετικά χαρακτηριστικά του. Ξεκίνησε από την Αφρική, πέρασε από τη Μέση Ανατολή και εξαπλώθηκε στην Ευρώπη. Πιθανόν να ζούσε για ένα διάστημα παράλληλα με πληθυσμούς του Νεάντερταλ και να διασταυρωνόταν μαζί του για πολλές χιλιάδες χρόνια. Μερικά απολιθώματα που βρέθηκαν θεωρούνται ότι είναι υβρίδια Νεάντερταλ και Κρο-Μανιόν. Ο Νεάντερταλ έπαψε να υπάρχει εντελώς ξαφνικά και πιθανολογείται ότι εξοντώθηκε από τον *Άνθρωπο του Κρο-Μανιόν*. Η ύπαρξη υβριδίων από Νεάντερταλ και Κρο-Μανιόν μπορεί να σημαίνει ότι οι Νεάντερταλ αφομοιώθηκαν γενετικά από το σύγχρονο άνθρωπο.

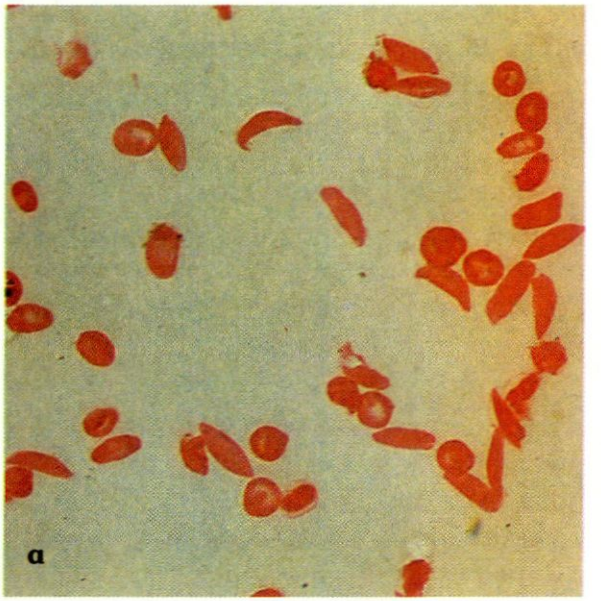
Οι *Άνθρωποι του Κρο-Μανιόν* είχαν καλή κοινωνική οργάνωση και πλήρη ικανότητα ομιλίας, τρέφονταν με το κρέας των ζώων που κυνηγούσαν και ζωγράφιζαν τους τοίχους των σπηλαίων με πιο εκλεπτυσμένο τρόπο από ό,τι οι Νεάντερταλ. Πριν από 10.000 χρόνια άρχισαν να εγκαθίστανται μόνιμα σε περιοχές και πριν από 3.000 χρόνια να φτιάχνουν τις πρώτες πόλεις. Οι *Άνθρωποι του Κρο-Μανιόν* δημιούργησαν το νεολιθικό πολιτισμό, που οδήγησε στους ιστορικούς χρόνους.

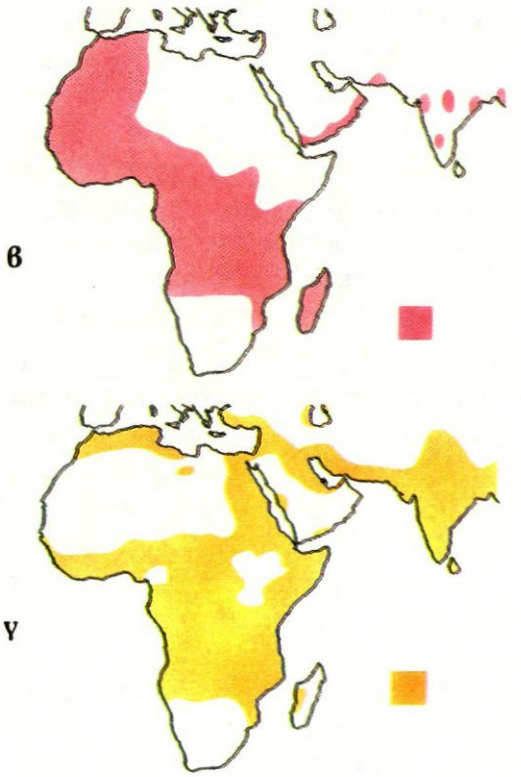
Εικόνα 3.29: Οι Άνθρωποι του Κρο-Μανιόν ζωγράφιζαν τους τοίχους των σπηλαίων.

3.4.7 Η ποικιλομορφία στους ανθρώπινους πληθυσμούς

Στους πληθυσμούς του σύγχρονου ανθρώπου συνέχισαν να δρουν οι διάφοροι παράγοντες της εξέλιξης με αποτέλεσμα τη μεγάλη ποικιλομορφία του είδους μας.

Στην περίπτωση της **δρεπανοκυτταρικής αναιμίας** φαίνεται καθαρά ο ρόλος της φυσικής επιλογής. Η δρεπανοκυτταρική αναιμία οφείλεται στην ομόζυγη κατάσταση ενός παθολογικού αλληλόμορφου β^s το οποίο συνθέτει τροποποιημένη τη β αλυσίδα της αιμοσφαιρίνης Α. Στην αλυσίδα αυτή το γλουταμινικό οξύ έχει αντικατασταθεί από βαλίνη. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια των ασθενών με δρεπανοκυτταρική αναιμία περιέχουν σχεδόν μόνο την παθολογική αιμοσφαιρίνη S αντί της φυσιολογικής Α. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα ερυθρά αιμοσφαίρια να αλλάζουν σχήμα, που από στρογγυλό γίνεται δρεπανοειδές. Οι ετεροζυγώτες για το αλληλόμορφο αυτό παράγουν ένα μικρό αριθμό δρεπανοκυττάρων και συνήθως δεν παρουσιάζουν συμπτώματα ασθένειας. Οι ομοζυγώτες όμως πεθαίνουν σε μικρή ηλικία και άρα δε δίνουν απογόνους. Είναι αναμενόμενη λοιπόν, λόγω φυσικής επιλογής, η μείωση της συχνότητας του αλληλόμορφου αυτού στους πληθυσμούς, όπως έχει συμβεί για πολλά άλλα αλληλόμορφα που προκαλούν το θάνατο ή τη στειρότητα πριν από την ηλικία της αναπαραγωγής. Σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής όμως το αλληλόμορφο β^s παρουσιάζεται με μεγάλη συχνότητα (10-20% μεγαλύτερη από ό,τι αλλού). Η αυξημένη αυτή συχνότητα σχετίζεται με την ασθένεια της ελονοσίας που ενδημεί εκεί. Οι ετεροζυγώτες είναι πιο ανθεκτικοί στην ελονοσία από τους φυσιολογικούς ομοζυγώτες και άρα έχουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα σε περιοχές με έντονο το πρόβλημα της ελονοσίας. Μια βαθμιαία μείωση της συχνότητας του αλληλόμορφου παρατηρείται στους Αφρικανούς που για 15 γενιές έχουν ζήσει στην Αμερική, όπου το πλασμίδιο της ελονοσίας δεν υπάρχει.





Εικόνα 3.30: α) Δρεπανοειδή ερυθρά αιμοσφαίρια, β) κατανομή αλληλόμορφου δρεπανοκυτταρικής αναιμίας (β^s), γ) κατανομή ελονοσίας

Όπως σε κάθε βιολογικό είδος με μεγάλη εξάπλωση, έτσι και στον άνθρωπο υπάρχουν μορφολογικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών ως προς το χρώμα της επιδερμίδας, το χρώμα και το σχήμα των μαλλιών, το σχήμα των κοπτήρων, το ανάστημα κτλ. Οι διαφορές αυτές βασίζονται στη διαφορετική κατανομή των αλληλόμορφων, καθώς τόσο στο παρελθόν όσο και στο παρόν οι ανθρώπινοι πληθυσμοί υποβάλλονται στη δράση όλων εκείνων των παραγόντων που προκαλούν πληθυσμιακή γενετική διαφοροποίηση.

Έτσι από τις διαφορές αυτές μεταξύ των πληθυσμών κάποιες είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων της **φυσικής επιλογής**, ενώ κάποιες είναι αποτέλεσμα άλλων μηχανισμών της εξέλιξης, όπως για πράδειγμα η τυχαία απόκλιση στις συχνότητες των αλληλόμορφων, σε συνδυασμό με τις γεωγραφικές απομονώσεις.

Ίσως κάποια χαρακτηριστικά που εμφανίστηκαν ως μεταλλάξεις να απέκτησαν προσαρμοστική σπουδαιότητα και ως αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής να παγιώθηκαν και να εξαπλώθηκαν σε πληθυσμούς που ζούσαν σε διάφορα περιβάλλοντα. Ως παραδείγματα τέτοιας δράσης της φυσικής επιλογής με προσαρμοστική σημασία αναφέρονται τα ακόλουθα:

- **Ο λόγος του μήκους των άκρων προς το μέγεθος του σώματος** φαίνεται ότι μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Έτσι είναι μικρότερος στις βόρειες περιοχές και μεγαλύτερος στις τροπικές. Η διαφορά αυτή εξηγείται ως προσαρμογή κατά της απώλειας θερμότητας από το δέρμα.
- **Οι διαφορές στο χρώμα του δέρματος** φαίνεται να σχετίζονται μάλλον (δεν υπάρχει ομόφωνη γνώμη) με το βαθμό έκθεσής του στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Είναι γνωστό ότι οι υπεριώδεις ακτίνες ενεργοποιούν το μηχανισμό του δέρματος για την παραγωγή μελανίνης, η οποία απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να θεωρηθεί προστατευτικός, γιατί είναι γνωστό ότι η παρατεταμένη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία σχετίζεται με διάφορους τύπους καρκίνου του δέρματος. Οι σκουρόχρωμες λοιπόν επιδερμίδες προέκυψαν ως προσαρμογή κατά της υπεριώδους ακτινοβολίας. Βέβαια η υπεριώδης ακτινοβολία είναι απαραίτητη στον άνθρωπο για το σχηματισμό της βιταμίνης D, η οποία χρειάζεται για την ανάπτυξη των οστών, και άρα σε περιοχές με περιορισμένη ηλιοφάνεια το σκούρο χρώμα της επιδερμίδας δε θα ήταν ευνοϊκό για την προσαρμογή των πληθυσμών.

Βέβαια θα ήταν λάθος να γενικεύσουμε και να συμπεράνουμε ότι όλες οι διαφορές μεταξύ των πληθυσμών είναι αποτέλεσμα προσαρμοστικών διαδικασιών. Πολλά χαρακτηριστικά πρέπει να αποδοθούν σε τυχαίες αποκλίσεις στη συχνότητα εμφάνισης των αλληλόμορφων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πρώτα Πρωτεύοντα που εμφανίστηκαν στον πλανήτη ήταν πιθανώς μικρά δενδρόβια εντομοφάγα Θηλαστικά. Ο δενδρόβιος τρόπος ζωής των Θηλαστικών υποβοηθήθηκε από μια σειρά χαρακτηριστικών που περιλαμβάνουν μακριά και ευκίνητα άκρα, αντιτακτά δάχτυλα, στερεοσκοπική όραση.

Από τα Πρωτεύοντα αυτά εξελίχθηκαν δύο μεγάλες ομάδες, οι Προπίθηκοι και τα Ανθρωποειδή. Ο κοινός πρόγονος των σύγχρονων Ανθρωποειδών είναι ο Δρυοπίθηκος. Ο πρώτος Ανθρωπίδης ήταν ο Αυστραλοπίθηκος, ο οποίος έδωσε τη θέση του στο Homo habilis, τον πρώτο πρόγονό μας που ανήκει στο γένος Homo. Το Homo habilis διαδέχθηκε ο Homo erectus και αυτόν ο Homo sapiens.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Αιγυπτιοπίθηκος
Δρυοπίθηκος
Ανθρωπίδες
Ανθρωποειδείς
Ανθρωποπίθηκοι
Homo habilis
Homo erectus
Homo sapiens
Άνθρωπος του Νεάντερταλ
Άνθρωπος του Κρο-Μανιόν
Αντιτακτό δάχτυλο
Αυστραλοπίθηκος
Προπίθηκοι
Πρωτεύοντα
Δρεπανοκυτταρική αναιμία

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πολλοί, για να δυσφημήσουν την εξελικτική θεωρία, ισχυρίζονται ότι υποστηρίζει πως ο άνθρωπος προέρχεται από τον πίθηκο. Είναι βάσιμος ο ισχυρισμός τους, είναι πιθανό να προέρχεται ο άνθρωπος από τον πίθηκο;

2. Να συγκρίνετε τα χαρακτηριστικά (μορφολογικά αλλά και πολιτισμικά) των Αυστραλοπιθήκων με αυτά του Homo habilis, του Homo erectus, του Ανθρώπου του Νεάντερταλ, του Ανθρώπου του Κρο-Μανιόν. Για ποιους λόγους κάθε βαθμίδα είναι εξελικτικά ανώτερη από την προηγούμενη;

3. Ποιες πληροφορίες μπορεί να δώσει στην παλαιοανθρωπολογική έρευνα η μελέτη της γνάθου, της λεκάνης, της σπονδυλικής στήλης και του κρανίου ενός προγονικού είδους του ανθρώπου;